

Kehittämistutkimus: Ioniset nesteet kokeellisen työn kontekstina

Tekijä: Vilja Kämppi

Maisterintutkielma

Kemian opettajankoulutusyksikkö

Kemian osasto

Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta

Helsingin yliopisto

25.5.2020

Ohjaajat:

Johannes Pernaa

Maija Aksela

Tiedekunta – Fakultet – Faculty		Koulutusohjelma – Utbildningsprogram – Degree programme	
Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta		Matematiikan, fysiikan ja kemian maisteriohjelma	
Tekijä – Författare – Author			
Vilja Kämppi			
Työn nimi – Arbetets titel – Title			
Kehittämistutkimus: Ioniset nesteet kokeellisen työn kontekstina			
Työn laji – Arbetets art – Level	Aika – Datum – Month and year	Sivumäärä – Sidor – Pages	
Maisterintutkielma	25.5.2020	64 ja liitteet 18	
Tiivistelmä – Referat – Abstract			
<p>Kemian opiskelun kiinnostus on ollut laskussa viime vuosina. Tähän yhdeksi ratkaisuksi tarjotaan opiskelun relevanssin lisäämistä. Tässä tutkielmassa kuvataan relevanssiin liittyvä kehittämistutkimus. Tutkimuksen tarkoituksena oli kehittää relevanssin ulottuvuuksia (henkilökohtainen, ammatillinen ja yhteiskunnallinen) monipuolisesti tukeva kokeellinen työohje lukio-opetuksen tueksi. Tavoitteena oli tutkia sen ja siihen liittyvän kontekstin mahdollisuuksia relevanssin tukemisessa sekä tarkastella tutkimukseen liittyvää kehittämistutkimusta prosessina.</p> <p>Tutkimuksen teoreettisena viitekehyksenä toimivat relevanssimalli, kokeellisuus ja tutkimuksellisuus sekä kontekstipohjaisuus kemian opetuksessa. Tutkielma sisältää kehittämistutkimuksen ja siihen liittyvän tapaustutkimuksen. Tapaustutkimus suoritettiin haastatteluna. Haastattelun tarkoituksena oli analysoida kehittämistuotoksen mahdollisuuksia relevanssin tukemisessa kemian aineenopettajaopiskelijoiden käsitysten perusteella.</p> <p>Kehitetyn työohjeen kontekstina toimii ioniset nesteet ja selluloosa. Ioniset nesteet ovat ajankohtainen ja tärkeä tutkimusaihe tutkielman tekohetkellä. Ionisilla nesteillä on erityisiä ominaisuuksia, jotka tarjoavat niille monia merkittäviä käyttökohteita. Moderni ratkaisukeskeinen konteksti lisää kemian kiinnostavuutta ja tarjoaa uutta näkökulmaa opetukseen. Työohje on suunniteltu yhteistyössä Helsingin yliopiston ionisia nesteitä tutkivan materiaaliekemian tutkimusryhmän kanssa.</p> <p>Tutkielma antaa kuvaa relevanssin merkityksestä kemian opetuksessa ja sen tukemismahdollisuuksista. Teoreettisessa ongelma-analyysissä on luotu kuvailevia teorioita relevanssin tukemisesta. Tutkielma toimii myös esimerkkinä kehittämistutkimuksesta prosessina.</p> <p>Tutkimuksen päätuloksina haastattelujen perusteella todettiin ionisiin nesteisiin ja selluloosaan liittyvällä aktiviteetilla olevan monia mahdollisuuksia relevanssin tukemisessa esimerkiksi kiinnostavan kontekstin ja yhteiskunnallisen näkökulman avulla. Lisäksi tutkielmassa luotiin teoriaa relevanssin hyödyntämisestä kemian opetuksessa ja kontekstien mahdollisuuksista opetuksessa. Aihe kaipaa vielä jatkotutkimusta käytännön tilanteista.</p>			
Avainsanat – Nyckelord – Keywords			
Relevanssimalli, kokeellisuus, ioniset nesteet, selluloosa			
Säilytyspaikka – Förvaringställe – Where deposited			
E-Thesis: https://ethesis.helsinki.fi			
Muita tietoja – Övriga uppgifter – Additional information			
Ohjaajat: Maija Aksela ja Johannes Pernaa			

Sisällys

1.	Johdanto.....	1
2.	Kehittämistutkimus.....	2
2.1	Kehittämistutkimus tutkimuksen toteutusstrategiana	3
2.2	Tutkimuskysymykset	5
2.3	Kehittämistutkimuksen toteutus.....	6
3.	Teoreettinen ongelma-analyysi	8
3.1	Relevanssi kemian opetuksessa.....	8
3.1.1	Relevanssimalli	8
3.1.2	Relevanssin merkitys kemian opetuksessa.....	10
3.2	Kokeellinen työskentely ja tutkimuksellisuus kemian opetuksessa.....	13
3.3	Kontekstipohjainen kemian opetus	16
3.4	Uutisten ja artikkelien käyttö kemian opetuksessa.....	18
3.5	Ioniset nesteet ja selluloosa.....	19
3.5.2	Ioniset nesteet	19
3.5.3	Selluloosa.....	20
3.5.4	Selluloosa tekstiilimateriaalina	23
3.5.5	Ioniset nesteet ja selluloosa.....	23
3.5.6	Ioniset nesteet opetuksessa	25
3.6	Teoreettisen ongelma-analyysin koonti.....	27
4.	Aktiviteetin kehittäminen	28
5.	Kehittämistuotos versio 1	29
5.1	Ennakkotehtävät	30
5.2	Kokeellinen osuus.....	31
5.3	Lopputehtävät	32
6.	Kehittämistuotoksen arviointi.....	32
6.1	Tapaustutkimus.....	32
6.2	Tutkimusmenetelmä	33
6.3	Haastattelun toteutus	35
6.4	Aineiston analyysi	37
6.5	Tulokset.....	38
6.5.1	Aktiviteetin toimivuus.....	38
6.5.2	Aktiviteetin henkilökohtainen relevanssi	41

6.5.3	Aktiviteetin ammatillinen relevanssi	44
6.5.4	Aktiviteetin yhteiskunnallinen relevanssi	45
7.	Kehittämistuotos versio 2	47
8.	Johtopäätökset.....	48
8.1	Ionisia nesteitä käsittelevän kokeellisen työn mahdollisuudet relevanssin tukemisessa	48
8.2	Kemian aineenopettajaopiskelijoiden käsityksiä	51
8.2.1	Kemian aineenopettajaopiskelijoiden käsityksiä aktiviteetista yleisesti	52
8.2.2	Kemian aineenopettajaopiskelijoiden käsityksiä aktiviteetin relevanssista	53
8.3	Ionisiin nesteisiin liittyvän kehittämistutkimuksen haasteet ja mahdollisuudet	55
8.4	Tutkimuksen luotettavuus.....	57
8.5	Tutkimuksen merkitys ja jatkotutkimuksen tarve	59
LÄHTEET		60
LIITE 1: Kehittämistuotos (Versio 1)		65
LIITE 2: Kehittämistuotos (Versio 2)		73
LIITE 3: Haastattelukysymykset.....		82

Lyhenteet

DBN = 1,5-diatsabisyklo[4.3.0]non-5-eeni

1. Johdanto

Nuorten kiinnostus kemian opiskelua kohtaan on ollut laskussa viime vuosina. (Rocard, Csermely, Jorde, Lenzen, Walberg-Henriksson & Hemmo, 2007) Myös Suomalaisten nuorten osaamistaso luonnontieteissä tutkimusten mukaan, on jo pitkään ollut laskussa (Kärnä, Hakonen & Kuusela, 2012; OECD, 2018). Yksi mahdollinen syy tähän on se, että opiskelijat eivät pidä kemian opiskelua relevanttina. (Gilbert, 2006)

Kemian opiskelusta tulee tehdä opiskelijoille relevanttia, jotta opiskelijat kiinnostuvat ja motivoituvat sen opiskelusta (Eilks & Hofstein, 2015). Tutkimuksellinen työskentely ja kontekstipohjainen opetus ovat tapoja, joiden avulla kiinnostusta ja relevanssia voidaan lisätä.

Yhteiskunnan sekä kestävän tulevaisuuden kannalta on tärkeää, että nuoret kiinnostuisivat opiskelemaan kemiaa. Tieteellisesti ja teknologisesti kehittyvässä yhteiskunnassa tarvitaan uusia alan osaajia. (Stuckey, Hofstein, Mamlok-Naaman & Eilks, 2013) Kemia on osaltaan ratkaisemassa kestävään kehitykseen liittyviä haasteita ja kestävien kulutuspäätösten tekeminen vaatii myös kemian tietotaitoa, joten on tärkeää, että nuorille tarjotaan motivoivaa ympäristökasvatusta (Burmeister, Rauch & Eilks, 2012).

Kemian opetuksen relevanssiin liittyvien tutkimusten mukaan yleisesti uskotaan relevanssia lisäävän opetuksen olevan opiskelijoita kiinnostavaa, osallistavaa, kontekstisidonnaista ja yhteistyötahoja hyödyntävää (Eilks & Hofstein, 2015; Gilbert, 2006).

Tämän tutkielman tutkimus on toteutettu Edelsonin (2002) mallia mukailevana kehittämistutkimuksena. Kehittämistutkimus toimii opetuksen tutkimukselle tyypillisenä tutkimuksen toteuttamisstrategiana tarjoten mahdollisuuden tutkimuspohjaiseen tarpeista nousevaan opetuksen kehittämiseen (Anderson & Shattuck, 2012). Tutkimuksen tavoitteet pohjautuvat kehittämistutkimuksen osa-alueisiin.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on kehittää aiemman tutkimustiedon perusteella opiskelijoiden kannalta relevantti ionisiin nesteisiin liittyvä kokeellinen työ erityisesti lukio-opetuksen tueksi. Tavoitteena on kehittää työohje, joka tukee monipuolisesti

opiskelijoiden relevanssia kontekstipohjaisen kokeellisuutta sisältävän opiskelun avulla. Kehitetty aktiviteetti sisältää viritysosan, kokeellisen työn sekä lopputehtävät. Aktiviteetin pääkonteksti on ioniset nesteet ja selluloosa. Ioniset nesteet ovat tutkimuksen tekohetkellä merkittävä esillä oleva tutkimusaihe. Ioniset nesteet tarjoavat erityisten ominaisuuksiensa ansioista monia tärkeitä käyttökohteita. Tässä tutkielmassa keskitytään lähinnä ionisten nesteiden hyödynnykseen selluloosan liuottamisessa. Tämän innovaation avulla pystytään muun muassa valmistamaan synteettistä selluloosakuitua tekstiilimateriaaliksi tehokkaasti ja ympäristöystävällisesti. Konteksti tarjoaa ajankohtaista ja modernia näkökulmaa kemian sovelluksiin, kestäväan kehitykseen ja kemian merkitykseen yhteiskunnassa. Lisäksi aktiviteetissa hyödynnetään kokeellista työskentelyä ja uutisten kontekstia. Näiden näkökulmien avulla pyritään tukemaan kemian opiskelun relevanssia.

Tutkimuksen toinen tavoite on analysoida kemian opettajaopiskelijoiden näkemyksiä kehitetystä aktiviteetista ja arvioida sekä kehittää työohjetta tulosten perusteella. Tähän tavoitteeseen haetaan vastausta haastattelun sisältävän tapaustutkimuksen avulla.

Tavallisesti kehittämistuotosta arvioidaan loppukäyttäjillä, mutta tutkimuksen tekohetkellä Suomen valtion asettaman poikkeustilan johdosta lähiopetus on kielletty, joten tämä ei ole mahdollista.

Kolmas tavoite on tutkia kokeellisten työohjeiden kehittämiseen liittyviä prosesseja. Esimerkiksi, millaisia asioita tulee ottaa huomioon ja mitkä ovat suurimpia haasteita ja mahdollisuuksia kehittämistutkimuksen suorittamisessa. Kehittämisprosessi kokonaisuutena toimii esimerkkinä prosessin suorittamisesta ja tuo esille asioita, joihin prosessin aikana kannattaa kiinnittää huomiota.

2. Kehittämistutkimus

Tämä tutkimus suoritetaan kehittämistutkimuksena, jossa tutkimuskysymykset ja tavoitteet rakentuvat Edelsonin (2002) mallin mukaisesti kolmen kokonaisuuden ympärille, joita ovat kehittämisprosessi, ongelma-analyysi sekä kehittämistuotos.

Seuraavissa alaluvuissa esitellään kehittämistutkimusta tutkimuksen toteutusstrategiana, tämän tutkimuksen tutkimuskysymykset sekä kehittämistutkimuksen toteutus.

2.1 Kehittämistutkimus tutkimuksen toteutusstrategiana

Kehittämistutkimus tutkimuksen toteutusstrategiana on suhteellisen uusi muoto. Sitä on alettu kehittää 1990-luvulla (Anderson & Shattuck, 2012). Kehittämistutkimusta hyödynnetään enimmäkseen opetuksen tutkimuksessa. Kehittämistutkimuksen on tarkoitus liittää opetuksen tutkimustulokset suoraan käytännön opetukseen. Lisäksi tutkimusstrategiana kehittämistutkimus korostaa teoriaan perustuvan suunnittelun ja kehittämisen merkitystä ja yhteyttä kehittämisprosessissa. Kehittämistutkimuksessa tutkimus ja kehittäminen kulkevat limittäin, eivätkä ole erillisiä kokonaisuuksia. Usein kehittämistutkimuksessa testataan käytännössä jotain teoriaa. (Edelson, 2002)

Kehittämistutkimuksen vahvuudet liittyvät todellisten tarpeiden ratkaisukeskeisyyteen, mikä lisää tutkimuksen merkitystä. Kehittämistutkimuksessa loppukäyttäjät otetaan mukaan kehittämistuotoksen suunnitteluun ja arviointiin, jolloin sen käyttöönotto on sujuvaa ja se vastaa hyvin tarpeisiin. Kehittämistutkimus on tutkimuspohjaista ja perustuu aiempaan tutkimustietoon. Sen avulla pyritään muodostamaan yleisesti toimivia ratkaisuja ja malleja. Kehittämistutkimus eroaa esimerkiksi toimintatutkimuksesta siinä, että sen tarkoituksena on kehittää yleispäteviä teorioita ja malleja, kun taas toimintatutkimus pyrkii muodostamaan paikallisia ratkaisuja. (Anderson & Shattuck, 2012)

Kehittämistutkimuksia voidaan suorittaa eri tavoin, mutta tässä tutkielmassa keskitytään Edelsonin (2002) kehittämistutkimuksen malliin. Kehittämistutkimus sisältää kolme kokonaisuutta, jotka ovat kehittämisprosessi, ongelma-analyysi ja kehittämistuotos. (Kuva 1)



Kuva 1. Kehittämistutkimuksen malli (Edelson, 2002)

Kehittämisprosessin tavoitteena on tuottaa tietoa prosessin suunnittelusta ja toteuttamisesta. Tämän tiedon avulla voidaan toteuttaa vastaavanlaisia kehittämistutkimuksia. (Pernaa, 2013) Kehittämisprosessi voi olla hyvin monimutkainen ja moniosainen prosessi. Prosessin tulee vastata tutkimukselle asetettuihin tavoitteisiin ja siihen, miten tavoitteet saavutetaan. (Edelson, 2002)

Ongelma-analyysi sisältää tutkimuksen tarpeen ja merkityksen kartoituksen sekä haasteiden ja mahdollisuuksien analysoinnin. Ongelma-analyysi perustuu aiemman tutkimustiedon kartoitukseen, jonka avulla tutkimukselle muodostetaan teoreettinen viitekehys. Ongelma-analyysi sisältää myös tarvekartoituksen, joka voi olla empiirinen tai kirjallisuuteen perustuva tutkimus loppukäyttäjien tarpeista. Ongelma-analyysin tavoitteena on tuottaa kirjallisuuteen perustuvia malleja kehittämistutkimuksen toteuttamiseen. (Pernaa, 2013)

Kehittämistuotos on suunnitteluprosessin tulos. Se vastaa ongelma-analyysissä vastaan tulleisiin tarpeisiin ja pyrkii ratkaisemaan esiin tulleita ongelmia. Kehittämistuotos muuttuu ja kehittyy kehittämisprosessin aikana tiedon ja ymmärryksen syventyessä. (Edelson, 2002)

Tavallisesti kehittämistuotoksen toteuttaminen sisältää kehittämissyklejä, joissa tuotosta testataan, arvioidaan ja kehitetään testien perusteella vastaamaan tutkimuksen tavoitteita

mahdollisimman hyvin. Syklit sisältävät teoreettisia ja kokeellisia vaiheita ja niiden määrä riippuu tutkimuksen laajuudesta. Yleensä kehittämistuotosta arvioidaan tuotteen loppukäyttäjillä todellisissa olosuhteissa, jolloin tuotosta voidaan kehittää vastaamaan todellisia tarpeita. (Pernaa, 2013)

2.2 Tutkimuskysymykset

Tutkimuskysymykset perustuvat tutkimuksen tarkoitukseen ja tavoitteisiin, joiden pohjalla on kehittämistutkimuksen rakenne.

Tutkimuskysymykset ovat:

1. Millaisia mahdollisuuksia ionisia nesteitä käsittelevä kokeellinen työ antaa relevanssin tukemiselle?
2. Millaisia käsityksiä kemian aineenopettajaopiskelijoilla on ionisiin nesteisiin liittyvän aktiviteetin toimivuudesta ja relevanssista?
3. Millaisia asioita pitää ottaa huomioon relevantin ionisiin nesteisiin liittyvän kokeellisen työn tutkimuspohjaisessa kehittämisessä?

Tutkimuskysymykset liittyvät kehittämistutkimuksen kokonaisuuksiin. Ensimmäinen tutkimuskysymys liittyy pääosin ongelma-analyysiin. Ongelma-analyysin eli tässä tapauksessa kirjallisuuskatsauksen perusteella pyritään löytämään vastauksia siihen, miten ionisiin nesteisiin liittyvä kokeellinen työ mahdollistaa relevanssin tukemisen.

Kysymyksen avulla luodaan kuvailevia teorioita relevanssin tukemisesta sekä ionisten nesteiden mahdollisuuksista. Kehittämistutkimuksen mallin mukaisesti samalla syntyvää tutkimuskysymykseen liittyvää selvitysmallia voidaan hyödyntää myös yleisesti muiden kontekstien relevanssin tutkimisessa.

Toinen tutkimuskysymys koskee kehittämistutkimuksen kehittämistuotosta. Tarkoituksena on arvioida kehitettyä kehittämistuotosta kemian aineenopettajaopiskelijoiden näkemysten perusteella. Lisäksi kehittämistuotosta kehitetään saatujen tulosten perusteella. Tämä osa

tutkimuksesta toimii ohjaavana esimerkkinä kehittämistuotoksen, tässä tapauksessa oppimateriaalin, testauksesta, arvioinnista ja kehittämisestä.

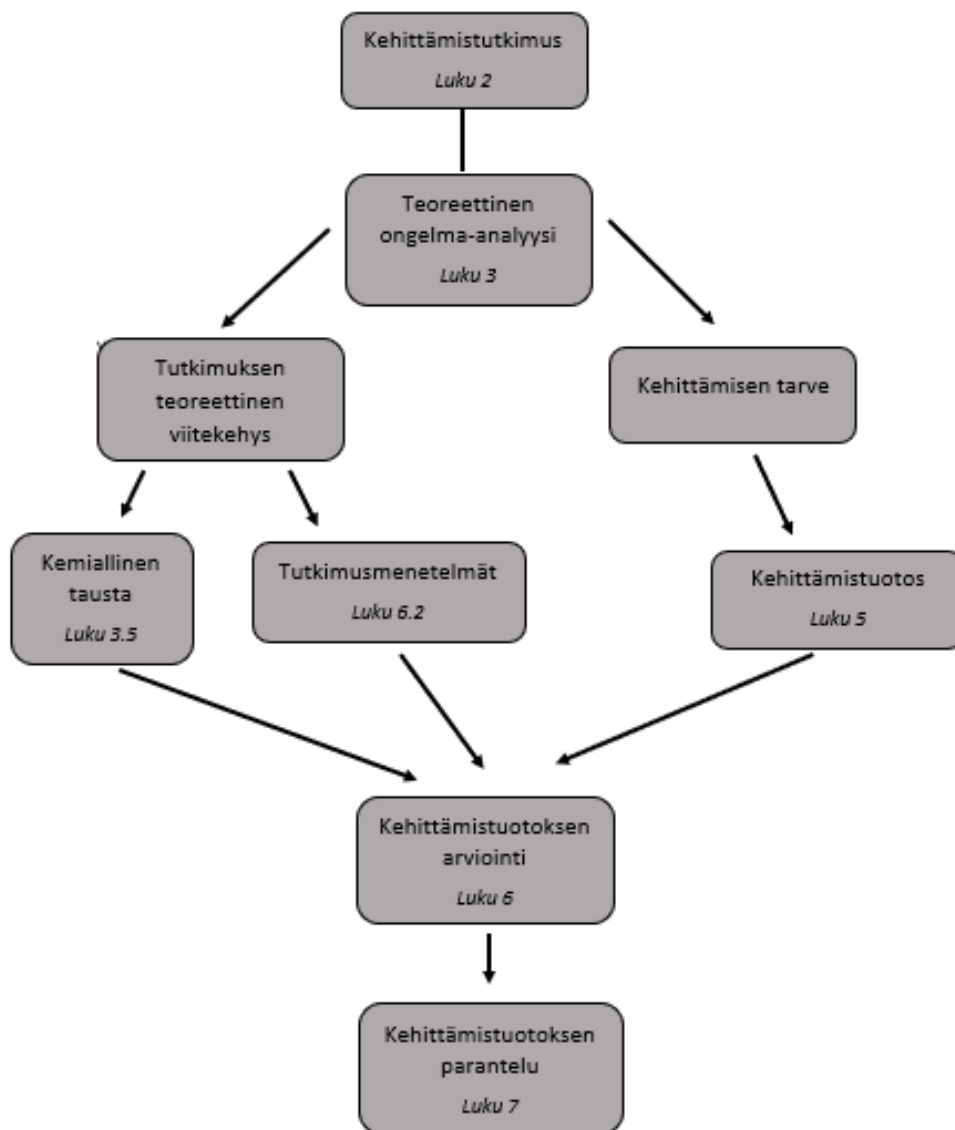
Kolmannen tutkimuskysymyksen avulla saadaan tietoa koko kehittämisprosessista. Vastausta siihen selvitetään koko tutkimusprosessin ajan. Kysymyksen avulla pyritään selvittämään kehittämistutkimuksen mahdollisuuksia ja haasteita, jotka vaikuttavat lopputulokseen pääsemiseen. Tutkimuskysymys liittyy tutkimuksen kontekstiin, mutta saadut tulokset antavat tietoa kehittämistutkimuksen eduista ja haasteista yleisesti.

2.3 Kehittämistutkimuksen toteutus

Kehittämistutkimus alkaa ongelma-analyysillä, joka tässä tapauksessa sisältää teoreettisen tarveanalyysin. Teoreettisessa tarveanalyysissä kartoitetaan tutkimuskirjallisuuden perusteella tutkimuksen tarvetta eli ongelmaa, johon kehittämistuotos pyrkii vastaamaan. Lisäksi teoreettisen ongelma-analyysin avulla muodostetaan tutkimuksen teoreettinen viitekehys tutkimusmenetelmiä ja kehittämistuotoksen taustalla olevaa kemiaa kartoittamalla.

Ongelma-analyysin avulla selvitetään myös kontekstin tarjoamia mahdollisuuksia sekä relevanssiin liittyviä teorioita ja niiden perusteella suunnitellaan ensimmäinen versio kehittämistuotoksesta. Tämän tutkielman kehittämistuotoksen on tarkoitus olla relevanssia tukeva kokeellisuutta sisältävä aktiviteetti, jota voidaan hyödyntää erityisesti lukio-opetuksessa. Kehittämistuotos vastaa ongelma-analyysissä vastaan tulleisiin tarpeisiin. Tavallisesti kehittämistuotoksen toteuttaminen sisältää kehittämissyklejä, joissa tuotosta testataan, arvioidaan ja kehitetään testien perusteella vastaamaan tavoitteita mahdollisimman hyvin. (Pernaa, 2013) Tässä tutkielmassa ensimmäistä kehittämistuotoksen versiota arvioidaan kemian aineenopettajaopiskelijoiden käsitysten perusteella. Tämän vaiheen jälkeen kehittämistuotosta kehitetään tulosten perusteella.

Tämän tutkimuksen vaiheet on esitetty seuraavassa kuvassa. (Kuva 2)



Kuva 2. Kehittämistutkimuksen vaiheet

Kehittämistutkimuksen aikana prosessia tarkkaillaan kokonaisuutena.

Kehittämistutkimuksen vaiheiden mahdollisuuksia ja haasteita tarkastellaan tutkimuksen kontekstissa ja saatu tieto raportoidaan lopuksi.

3. Teoreettinen ongelma-analyysi

Ongelma-analyysi on yksi kehittämistutkimuksen osa-alue. Sen tarkoituksena on kartoittaa tutkimuksen tarpeita aiemmin tehtyjen tutkimusten perusteella. Ongelma-analyysissä käsitellään tutkimuksen keskeisimmät käsitteet tutkimuskirjallisuuden avulla. Lisäksi aiempaa tutkimusta ja tuloksia peilataan Suomen lukio-opetusta ohjaaviin lukion opetussuunnitelman perusteisiin. Ongelma-analyysi toimii kehittämisprosessia ohjaavana vaiheena ja määrittää tutkimuksen tavoitteita ja antaa suuntaa kehittämistuotoksen toteutukselle.

Seuraavissa luvuissa käsitellään relevanssia kemian opetuksessa, työskentelytapoja sekä kehittämistuotoksen kannalta olennaista ionisten nesteiden ja selluloosan kemiaa.

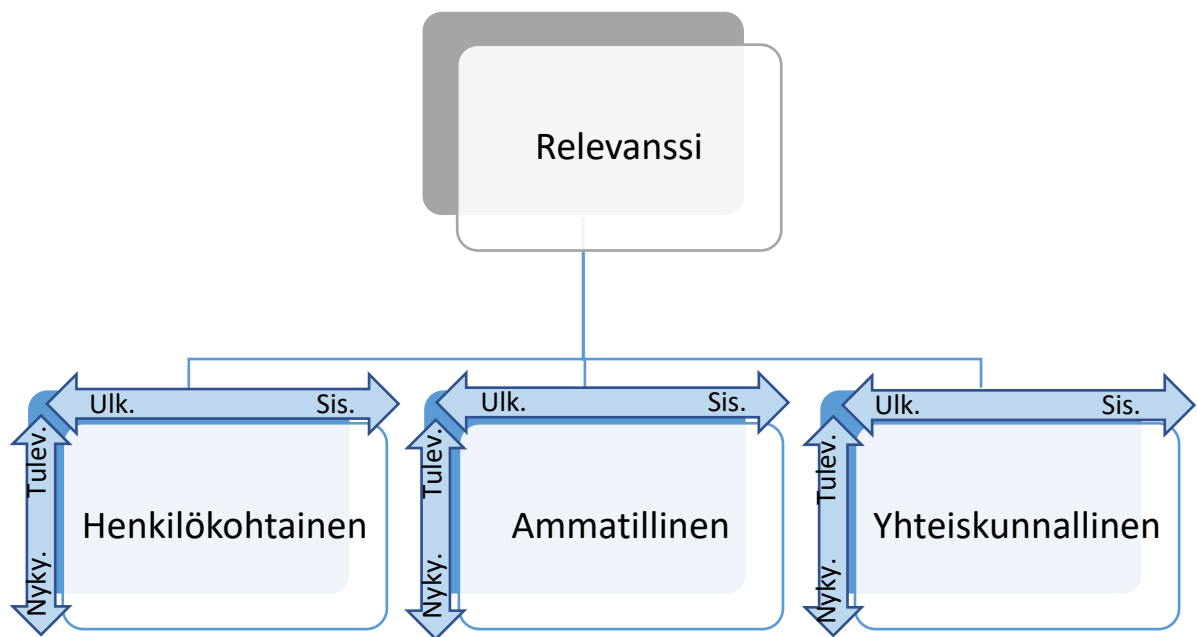
3.1 Relevanssi kemian opetuksessa

Monien tutkimusten mukaan kemian opiskelun tekeminen relevantiksi voi toimia yhtenä avaintekijänä kemian opiskelun kiinnostuksen lisäämisessä (Aikenhead, 2006; Gilbert, 2006; Stuckey et al., 2013). Relevanssin määritelmä ei kuitenkaan ole aivan yksikäsitteinen. Seuraavissa luvuissa avataan relevanssin määritelmää, sen merkitystä opetuksessa ja opetussuunnitelman perusteiden merkitystä relevanssiin.

3.1.1 Relevanssimalli

Relevanssin käsitteelle on olemassa monenlaisia näkemyksiä. Se voidaan nähdä muun muassa synonyyminä kiinnostukselle tai tarpeellisuudelle tai sen voidaan ajatella tarkoittavan opiskelijoiden näkemystä merkityksellisyydestä. Lisäksi relevanssin käsitteen voidaan ajatella kattavan myös yhteiskunnallisen merkityksellisyyden. (Eilks, Rauch, Ralle & Hofstein, 2013; Eilks & Hofstein, 2015) Relevanssin käsitteen määritelmä riippuu siitä, mikä asia katsotaan relevantiksi ja kenen kannalta. Asia voi olla relevanttia esimerkiksi opiskelijan, vanhempien, poliitikkojen tai opettajan kannalta. Lisäksi asia voi olla relevanttia arkielämän, työllistymisen, jatko-opintojen tai aktiivisena kansalaisena toimimisen kannalta. (Aikenhead, 2006) Näitä näkemyksiä yhdistämällä Eilks et al. (2013)

ovat päätyneet relevanssimalliin, jossa relevanssi jaetaan henkilökohtaiseen, ammatilliseen ja yhteiskunnalliseen relevanssiin. Lisäksi heidän mallissaan relevanssiluokkia voidaan tarkastella nykyhetkessä ja tulevaisuudessa. Stuckey et al. (2013) ovat laajentaneet relevanssimallia lisäämällä relevanssin ulottuvuuksiin sisäisen ja ulkoisen näkökulman. Tässä tutkimuksessa relevanssia tarkastellaan Stuckey et al. (2013) relevanssimallin mukaisesti. (Kuva 3)



Kuva 3. Relevanssin dimensiot ja komponentit (Stuckey et al., 2013)

Henkilökohtainen relevanssi sisältää opiskelijan kiinnostuksen ja ymmärryksen ympärillä tapahtuvista ilmiöistä sekä arjen tarpeet nykyhetkessä ja tulevaisuudessa.

Henkilökohtaisessa dimensiossa tarkastellaan sitä, mikä on relevanttia opiskelijalle itselleen jokapäiväisessä elämässä selviytymiselle. Henkilökohtaisesti relevantti opetus tarjoaa opiskelijan arjelle hyödyllisiä taitoja ja kehittää opiskelijan älyllisiä taitoja.

Ammatillisella relevanssilla tarkoitetaan nykyisen opiskelun, tulevan pääsykokeen tai tulevaisuuden ammatin vaatimia taitoja, joista opiskelija hyötyy.

Yhteiskunnallinen relevanssi sisältää yhteiskunnan ja tieteen välisen yhteyden ymmärryksen ja yhteiskunnassa selviytymisen taidot. Yhteiskunnallisesti relevantti opetus antaa valmiuksia vastuullisena kansalaisena toimimiselle ja kestävän kehityksen mukaiselle toiminnalle. (Eilks et al., 2013; Stuckey et al., 2013)

Relevanssimallissa tulee kuitenkin ottaa huomioon, että dimensiot ovat osittain myös päällekkäisiä ja toisistaan riippuvaisia. (Stuckey et al., 2013) Esimerkiksi ammattiin valmennus tekee opiskelusta ammatillisesti relevanttia sekä voi olla opiskelijalle henkilökohtaisesti relevanttia oman kiinnostuksen kautta. Lisäksi se voi tulevaisuudessa tarjota yhteiskunnalle merkittävän työntekijän eli on myös yhteiskunnallisesti relevanttia.

Nykypäivä-tulevaisuus ja sisäinen-ulkoinen -komponentit ovat tärkeä lisä relevanssimalliin, sillä jokin asia voi olla opiskelijalle itselleen sisäisesti relevanttia tai ulkoisesti relevanttia. Ulkoisella relevanssilla tarkoitetaan yleisesti hyväksytyjä oletuksia ja odotuksia henkilön ympäristössä ja yhteiskunnassa. Lisäksi tarkastelu ottaa huomioon myös sen, onko asia opiskelijalle relevantti nyt vai tuleeko se olemaan relevantti myöhemmässä elämäntilanteessa. (Stuckey et al., 2013)

Tässä tutkielmassa käytetään Stuckey et al. (2013) relevanssimallia, sillä tämä malli ottaa huomioon muiden mallien lisäksi ulkoisen ja sisäisen relevanssin. Kehittämistuotoksen tarkoituksena on ottaa huomioon myös ulkoisen relevanssin merkitys.

3.1.2 Relevanssin merkitys kemian opetuksessa

Aikenheadin (2006) mukaan tiedeopetuksen tavoitteena on tuoda tiedettä helpommin saataville ja tehdä se merkitykselliseksi opiskelijoille, kehittää kriittistä ajattelutaitoa ja ongelmanratkaisukykyä, antaa valmiuksia jokapäiväiseen päätöksentekoon ja kehittää opiskelijoiden tieteellisiä ja teknologisia kommunikaatitaitoja. Stuckey et al. (2013) relevanssimallin komponentit tukevat näitä tiedeopetuksen yleisiä tavoitteita.

Kiinnostus kemian opiskelua kohtaan sekä kemian oppimistulokset ovat laskeneet viime vuosien aikana (Kärnä et al., 2012; Rocard et al., 2007). Vuodesta 2006 lähtien suomalaisten kemian osaaminen on ollut laskussa, eikä 2018 tehdyn Pisa-arvioinnin mukaan tähän trendiin ole tullut muutosta. (OECD, 2018) Tutkimusten mukaan opiskelijat eivät koe kemian opiskelua relevanttina itselleen eikä yhteiskunnalle (Gilbert, 2006). Opiskelijoiden relevanssin kasvattamisen uskotaan lisäävän kemian opiskelun

kiinnostavuutta, motivaatiota ja siihen sitoutumista. (Eilks & Hofstein, 2015; Gilbert, 2006) Näin ollen oppilaiden kokema relevanssi voi vaikuttaa suoraan opiskelumotivaatioon ja oppimistuloksiin.

Monet opiskelijat näkevät kemian usein vain välineellisenä oppiaineena eli aineena, jonka opiskelu mahdollistaa muun, esimerkiksi lääketieteen, opiskelun (Gilbert, 2006). Tällöin liikutaan ammatillisen relevanssin dimensiossa. Opetuksessa tulisi kuitenkin kiinnittää huomiota relevanssin monipuoliseen esille tuomiseen kuten siihen, miten kemiasta saadaa opiskelijalle henkilökohtaisesti ja nykyhetkessä relevanttia eli lisätä ymmärrystä siitä, miten kemia näkyy opiskelijan arjessa ja lisätä opiskelijan sisäistä kiinnostusta. Lisäksi relevantin kemian opetuksen tulisi edistää opiskelijan älyllisten taitojen kehittymistä ja valmiuksia toimia aktiivisena yhteiskunnan jäsenenä sekä ottaa huomioon opiskelijoiden kiinnostuksen kohteet ja ammatilliset näkökulmat. (Stuckey et al., 2013)

Tieteellisesti ja teknologisesti nopeasti kehittyvässä maailmassamme tarvitaan uusia alan osaajia ja koulutukseen myös panostetaan (Rocard et al., 2007; Stuckey et al., 2013).

Tieteellä on iso merkitys yhteiskunnalle muun muassa kestävän kehityksen ja talouden kannalta. Opiskelijat tarvitsevat kemian osaamista ja ymmärrystä voidakseen olla aktiivisia ja osallistuvia yhteiskunnan jäseniä. (Burmeister et al., 2012; Stuckey et al., 2013)

Ympäristötietoisuuden ja kestävän kehityksen kannalta on merkityksellistä, että opiskelija kokee kemian relevantiksi nykyhetkessä sekä tulevaisuudessa. Kestävien ja vastuullisten valintojen tekeminen vaatii tulevaisuuden relevanssin ymmärrystä.

Relevanssin tarkastelussa tulee ottaa huomioon, että opiskelijoilla on erilaiset kiinnostusten kohteet ja relevanssin kokemukset voivat olla hyvin erilaisia. Stuckey et al. (2013) mukaan yhteiskunnallisen relevanssin ulottuvuus on hyödyllisintä vähemmän kiinnostuneille opiskelijoille, kun taas henkilökohtainen ja ammatillinen ulottuvuus voivat motivoida enemmän jo valmiiksi kiinnostuneita. Myös ikätaso vaikuttaa relevanssien merkittävyyksiin. Yhteiskunnallinen relevanssi on merkityksellisempää lukioikäisille. Ammatillisen ulottuvuuden korostus on tärkeintä silloin, kun urasuuntaa ei ole vielä valittu, erityisesti ennen valinnaisten kurssien valintaa. Ammatillista relevanssia korostamalla lukiossa voidaan valmistaa opiskelijoita jatko-opiskeluihin. (Stuckey et al., 2013)

Stuckey et al. (2013) tutkimuksen mukaan tiedeopetuksen ydin on opetuksen tekeminen relevantiksi opiskelijan sekä yhteiskunnan kannalta. Suomessa yksi kemian opetuksen

ulkoinen relevanssia määrittävä tekijä on opetussuunnitelma. Lukio-opetuksessa opetusta määrittää lukion opetussuunnitelman perusteet. Opetushallituksen lukion opetussuunnitelman perusteet määrittävät, mikä on relevanttia kemian lukio-opetuksessa. Opetussuunnitelma määrittää muun muassa, mitä opiskelijan tulee osata ollakseen vastuullinen toimija ja mitkä tiedot ovat olennaisia opiskelijan sivistyksen ja tulevaisuuden kannalta. Lisäksi opetussuunnitelma sisältää vaatimuksia ammatillisen puolen esiin tuomisesta ja näkemyksiä siitä, millaisia valmiuksia ja osaamista nyky-yhteiskunta vaatii. (Opetushallitus, 2015; Opetushallitus, 2019)

Vaikka opetussuunnitelman perusteet on tehty tutkimustiedon pohjalta, on sillä tietty arvopohja ja se perustuu osittain sen laatijoiden käsityksiin siitä, miten kemian opetuksesta tehdään relevanttia. Opetussuunnitelman perusteet heijastavat myös sen hetkisiä näkemyksiä siitä, millaista osaamista nykyhetken ja tulevaisuuden yhteiskunnassa tarvitaan. (Stuckey et al., 2013) Opetussuunnitelman tekijät ovat siis arvottaneet yhteiskunnassa tarvittavia tietoja ja taitoja päättäessään opetussuunnitelman perusteisiin sisällytettävät näkemykset. Opetussuunnitelman perusteiden määrittelemä relevanssi ei kuitenkaan välttämättä vastaa opiskelijoiden kokemaa relevanssia, mutta se vaikuttaa olennaisesti opiskelijoiden relevanssiin. (Taulukko 1) Opetussuunnitelman perusteet muun muassa määrittelee, mitä opiskelijan tulee osata menestyäkseen koulussa. Koulumenestys puolestaan toimii opiskelijan ulkoiseen relevanssiin vaikuttavana tekijänä.

Taulukko 1. Opetussuunnitelman vaikutukset relevanssiin (Stuckey et al., 2013)

Henkilökohtainen relevanssi	Määrittää, mitä opiskelijan tulee osata menestyäkseen opinnoissa.
Ammatillinen relevanssi	Määrittää opiskeltavia sisältöjä, jotka vaikuttavat ammattiin pääsemiseen. Ohjaa ammattien esiintuomista opetuksessa.
Yhteiskunnallinen relevanssi	Määrittää, mitä taitoja opiskelija tarvitsee yhteiskunnassa nyt ja tulevaisuudessa. Arvottaa, millainen tieto ja toiminta on toivottavaa.

3.2 Kokeellinen työskentely ja tutkimuksellisuus kemian opetuksessa

Kokeellinen työskentely on olennainen osa kemian opetusta. Kemia on luonnontieteenä kokeellinen ala, joten kokeellisen työskentelyn hyödyntäminen opetuksessa luo opiskelijoille realistista kuvaa kemiasta tieteenalana sekä ammattina. Kokeellisen työskentelyn voidaan ajatella sisältävän oppilaiden laboratoriotyöskentelyn, opettajan esittämät demonstraatiot sekä suuremmat opiskelijoiden toteuttamat projektit. Kokeellinen työskentely toimii teorian todistamisessa, opettaa tieteen luonteesta sekä kehittää opiskelijoiden tutkimuksellisia taitoja. (Hofstein, Kipnis & Abrahams, 2013)

Kokeellinen työskentely on vakiintunut kemialle ominainen opetusmuoto. Monet tutkimukset ovat todenneet kokeellisella työskentelyllä olevan hyviä vaikutuksia oppimiseen ja lisäävän kiinnostusta kemian opiskeluun. (Hofstein & Lunetta, 2004; Hofstein et al., 2013; Kärnä et al., 2012) Esimerkiksi Hofstein et al. (2013) mukaan kokeellinen työskentely auttaa ymmärtämään tieteellisiä ilmiöitä ja tieteen luonnetta, sitouttaa opiskeluun, lisää motivaatiota ja kiinnostusta sekä kehittää ongelmanratkaisukykyä ja käytännöntyöskentelytaitoja.

Kemian laboratorio toimii erityislaatuksena oppimisympäristönä, jossa opiskelijat ovat aktiivisia ja opettajan rooli on ohjata, tukea ja kannustaa. Kokeellisessa työskentelyssä opiskelijat työskentelevät usein ryhmissä tarkastellen jotakin ilmiötä. Ilmiön tarkastelu käytännössä auttaa yhdistämään teoriaa todellisiin ilmiöihin, mikä luo malleille ja teorioille merkityksen ja auttaa ymmärtämään niitä. Lisäksi kokeellinen työskentely voi kehittää ryhmätyötaitoja ja yhteisöllisyyttä. (Hofstein & Lunetta, 2004)

Kokeellisuus ja tutkimuksellisuus ovat saman tapaisia käsitteitä ja joskus niitä käytetään samaan tarkoitukseen. Tutkimuksellinen opetus voidaan määritellä usealla tavalla, sillä sitä voidaan toteuttaa erilaisin menetelmin, tavoittein ja erilaisilla lopputuloksilla (Abrams, Southerland & Evans, 2008). Abrams et al. (2008) mukaan tutkimuksellisen opetuksen voidaan yleisesti ajatella olevan opetusta, jonka tarkoituksena on lisätä ymmärrystä tieteellisen tutkimuksen tekemisestä ja tieteellisen tiedon luomisesta sekä kehittää taitoja suorittaa tutkimusta. Tutkimuksellinen opiskelu voi sisältää kysymysten esittämistä ja niihin vastaamista, datan keräämistä ja tulkintaa, tiedon hakua, ongelmanratkaisua, keskustelua ja reflektiota. Kokeellisuus voi olla osa tutkimuksellista opiskelua, mutta

tutkimuksellinen opiskelu sisältää kokeellisuuden lisäksi myös muita osa-alueita kuten tiedonhankintaa ja keskustelua.

Tutkimuksellista opetusta voidaan tarkastella luokittelemalla se avoimuuden perusteella. Tutkimuksellisuuden avoimuus voidaan määritellä esimerkiksi Banchi & Bell (2008) mukaan todentavaksi suljetuksi tutkimuksellisuudeksi, jäsennellyksi tutkimuksellisuudeksi, ohjatuksi tutkimuksellisuudeksi ja avoimeksi tutkimuksellisuudeksi. Tutkimuksellisuuden tasot eroavat toisistaan valmiiksi annetun tiedon, ohjauksen määrän ja opettajan ja opiskelijoiden roolin perusteella. (Taulukko 2)

Taulukko 2. Tutkimuksellisen työskentelyn avoimuuden tasot (Banchi & Bell, 2008)

Tutkimuksellisuuden avoimuus	Tutkimuskysymys	Tutkimuksen toteutus	Päämäärä/lopputulos
Todentava tutkimuksellisuus	Annettu valmiiksi	Opettajan määrittämä	Tiedetään etukäteen
Jäsennelly tutkimuksellisuus	Annettu valmiiksi	Opettajan määrittämä	Riippuu tutkimuksesta
Ohjaava tutkimuksellisuus	Annettu valmiiksi	Opiskelijat suunnittelevat itse	Riippuu tutkimuksesta
Avoin tutkimuksellisuus	Opiskelijat päättävä itse	Opiskelijat suunnittelevat itse	Riippuu tutkimuksesta

Tämän tutkielman kehittämistuotos eli aktiviteetti sisältää kokeellisen työn lisäksi tutkimuksellisia piirteitä ennakko- ja lopputehtävien kautta. Tehtävät lisäävät tutkimuksellisuutta herättämällä kysymyksiä ja ohjaamalla tiedonhakuun ja pohdintaan. Kokeellinen osuus toimii esimerkkinä todellisen ratkaisukeskeisen tutkimuksen toteutuksesta. Aktiviteetin avoimuus vastaa lähinnä suljettua tutkimuksellisuutta, sillä tutkimukselle on valmiiksi asetettu tavoitteet ja päämäärä on myös tiedossa. Ohjeistus on suhteellisen tarkka ja oppilaiden rooli on todentaa uutta innovaatiota kokeilemalla itse tätä käytännössä. Avoimuuden taso on suljettu, sillä kokeellisessa osuudessa tarkoituksena on päästä kokeilemaan tiettyä uutta sovellusta, jolla on tietty tarkoitus. Näin ollen työskentelyn tavoitteet ja lopputulos on etukäteen tiedossa.

Kokeellisen työskentelyn ja tutkimuksellisuuden mahdollistamat tavoitteet liittyvät kiinnostuksen ja motivaation lisäämisen, tieteellisten käsitteiden ja ilmiöiden ymmärtämiseen ja tiedon ja arkisten asioiden yhdistämiseen. Opettajan asettamat tavoitteet eivät kuitenkaan aina kohtaa opiskelijoiden tavoitteiden kanssa. Joissain tutkimuksissa on todettu, että opiskelijat eivät aina ymmärrä kokeellisen työskentelyn tavoitteita ja pitävät tärkeimpänä ohjeiden noudattamista ja lopputulokseen pääsemistä. Reseptimäisessä työskentelyssä opiskelijat unohtavat ajatella miksi he ovat tekemässä sitä mitä tekevät (Millar, 2004). Tämä voi olla erityisesti haasteellista suljetussa tutkimuksellisuudessa, kun tutkimuksen tavoitteet ja ohjeistus on annettu valmiiksi. Kokeellinen työskentely voi myös jäädä irralliseksi kokonaisuudeksi, eikä sitä osata yhdistää aiemmin opittuun teoriaan. (Hofstein & Lunetta, 2004)

On tärkeää, että tutkimuksellisella työskentelyllä on selkeät tavoitteet ja kytkös teoriaan. Abrams et al. (2008) esittävät, että esimerkiksi tutkimukseen liittyvän artikkelin lukeminen ja aiheesta keskustelu voivat olla merkittävää kokeellisen työn ja aiheen yhteyksien ymmärtämisessä. Tällöin opiskelijat pystyvät havainnoimaan kokeellista työtä paremmin ja ymmärtämään paremmin työn merkityksen. Aiheeseen virittäminen voi laittaa opiskelijat ajattelemaan aihetta jo ennen varsinaista työtä, jolloin opiskelijoille herää kysymyksiä, joihin he pyrkivät saamaan vastauksia työskentelyn yhteydessä. (Abrams et al., 2008; Millar, 2004) Tämä lisää kokeellisen työn merkityksellisyyttä ja mielenkiintoa.

Tutkimukselliseen työskentelyyn liittyvä ajatteluprosessi ja havainnointi perustuu aiempaan tietoon, joten se voi olla hyvin erilaista opiskelijasta riippuen. Tästä syystä kokeellisen työn taustasta on hyvä tuoda esille tärkeimpiä asioita ennen työn aloittamista. Aiempi tieto lisää työskentelyn merkitystä ja sitoutumista työhön. Millarin (2004) mukaan keskustelu kokeellisen työskentelyn havainnoista ja johtopäätöksistä on merkittävää oppimisen kannalta. Tästä syystä myös työn jälkeinen läpikäynti ja reflektio on tärkeää.

Tutkimuksellisen työskentelyn tehokkuuteen vaikuttaa myös monia muita asioita kuten opettajan tietotaito, asetetut tavoitteet, opiskelijoiden osaamistaso ja kiinnostuksen kohteet, käytettävissä olevat resurssit ja valitut työtavat. (Hofstein et al., 2013)

Tutkimuksellinen ja kokeellinen työskentely ovat olennainen osa kemian opetusta. Opetussuunnitelman perusteet velvoittavat ja kannustavat kokeelliseen työskentelyyn ja tutkimisen taitojen harjoittamiseen. Suomen lukio-opetuksen opetussuunnitelman perusteet korostavat aineiden ja ilmiöiden havainnoinnin merkitystä opetuksessa sekä

kokeellisuuden merkitystä käsitteiden ja tutkimisen taitojen oppimisessa. Lisäksi kokeellisuuden mainitaan tukevan luonnontieteen luonteen hahmottamista. (Opetushallitus, 2015; Opetushallitus, 2019)

Tutkimuksellisella työskentelyllä on monia mahdollisuuksia relevanssin tukemisessa kiinnostuksen lisäämisen, käytännön työskentelyn ja näkökulmien kautta.

Tutkimuksellinen työskentely työtapana ja siihen liitetyn kontekstin kautta voi tukea henkilökohtaista relevanssia lisäämällä kiinnostusta. Kokeellisuus on iso osa-alue kemian ammateissa, joten kokemukset kokeellisesta työskentelystä voivat lisätä myös ammatillista relevanssia. Lisäksi kemiallisen tieteen luonteen ymmärtäminen on tärkeää yhteiskunnallisen osallisuuden kannalta. Monien poliittisten päätösten takana on tieteellisiä tutkimuksia, joiden ymmärrys lisää ymmärrystä politiikasta ja kemian merkityksestä yhteiskunnalle. (Hofstein et al., 2013) Tutkimuksellinen työskentely toimii myös teoreettisen tiedon todistustapana. Näin ollen tutkimuksellinen työskentely voi lisätä myös yhteiskunnallista relevanssia tieteen luonteen ymmärtämisen kautta.

3.3 Kontekstipohjainen kemian opetus

Kontekstipohjainen opetus on opetusmuoto, joka perustuu siihen, että käsiteltävää kemiallista sisältöä lähestytään tietyn aiheen näkökulmasta. Kemiassa kontekstipohjaisella opetuksella pyritään vaikuttamaan kemian opetuksen haasteisiin, jotka liittyvät kemian opetussisällön paljouteen, kemiallisen tiedon todellisuuteen liittämiseen, tiedon soveltamiseen ja merkityksen korostamiseen (Gilbert, 2006).

Konteksti voidaan määritellä monin tavoin. Yleisellä tasolla se määritellään usein tilanteeksi, joka antaa merkityksen opiskeltaville asioille (De Jong, 2008). De Jong (2008) jakaa kontekstin määritelmät neljään kategoriaan, jotka ovat henkilökohtainen, sosiaalinen ja yhteiskunnallinen, ammatillinen sekä tieteellinen ja teknologinen. Tämän luokituksen mukaan käsiteltävä konteksti voidaan sijoittaa aina joihinkin edellä mainituista luokista. Todellisuudessa konteksti saattaa kuulua samanaikaisesti useampaan kategoriaan. Esimeriksi ionisten nesteiden ja selluloosan voidaan ajatella kuuluvan sosiaaliseen ja yhteiskunnalliseen luokkaan kulutuksen ja väestönkasvun näkökulmasta sekä henkilökohtaiseen luokkaan omien kulutus päätösten kautta.

Konteksteilla voi myös olla erilaisia tarkoituksia. De Jong (2008) esimerkiksi määrittelee, että konteksti voi toimia esimerkkinä ja sovelluksena opetetusta asiasta, orientaationa ja motivaationa uuteen aiheeseen tai useammat kontekstit voivat toimia yhdistämällä edelliset.

Kontekstipohjaisessa opetuksessa kontekstin valinnalla on suuri merkitys. Aihe tulee valita niin, että se on opiskelijoita kiinnostava ja arkielämään liitoksissa oleva. Tämä lisää opiskelijan henkilökohtaista relevanssia eli auttaa ymmärtämään miksi kemia on tärkeää opiskelijalle itselleen. Aiheen tulee myös sisältää olennaisia opetussuunnitelmaan sisältyviä sisältöjä ja helpottaa tai yksinkertaistaa niiden opiskelua, jolloin opeteltavien aiheiden kuormitus vähenee. (Aikenhead, 2006; Gilbert, 2006) Aiheen valinnassa kannattaa myös ottaa huomioon, että se on kiinnostava useimmille opiskelijoille sukupuolesta riippumatta, eikä ole liikaa huomiota vievä tai liian monimutkainen ja sekava opiskelijoiden tietotaitoon nähden (De Jong, 2008).

Kontekstien käyttö auttaa havaitsemaan tieteen ja arkielämän välisen yhteyden ja sen merkityksen (Gilbert, 2006). Kun kemiallista sisältöä käsitellään arkisen kontekstin näkökulmasta, laajennetaan samalla opiskelijoiden näkemystä siitä, mihin kaikkeen kemiaa tarvitaan ja mihin kaikkeen se vaikuttaa.

Tässä tutkielmassa kontekstina toimii ioniset nesteet ja selluloosa. Asioita käsitellään myös seuraavassa luvussa 3.4 tarkemmin esitellyssä uutisten kontekstissa. Lisäksi yhtenä ajankohtaisena teemana hyödynnetään kestävää kehitystä. Kestävän kehityksen opetus kasvattaa nuoresta sukupolvesta vastuullisia tulevaisuuden kansalaisia. Kattava kestävän kehityksen opetus sisältää ekologisen, taloudellisen ja sosiaalisen näkökulman. (Burmeister et al., 2012)

On tärkeää tuoda opetuksessa esille kemian tuomia mahdollisuuksia ympäristön suojelun ja kestävän kehityksen edistämiseksi. Usein kemian alan ajatellaan olevan luonnonvaroja kuluttava ja luontoa saastuttava ala mediassa esiin tulleiden negatiivisten uutisten takia. (Burmeister et al., 2012) Kertomalla kemian merkityksestä kestävän kehityksen taustalla, voimme lisätä opiskelijoiden näkemystä kemian merkityksestä yhteiskunnassa. Yhteiskuntapainotteinen lähestymistapa luo kuvaa siitä, miten kemia on asioiden takana arjessa. Opiskelijoiden asenteisiin tulee kiinnittää huomiota, sillä niiden on todettu vaikuttavan oppimistuloksiin ja ympäristökasvatukseen. (Kärnä et al., 2012)

3.4 Uutisten ja artikkelien käyttö kemian opetuksessa

Tieteellinen kirjallisuus, artikkelit ja uutiset muuttuvat kehityksen mukana. Tiede ja teknologia vaikuttavat vahvasti jokapäiväiseen elämäämme. Uutiset heijastelevat näitä vaikutuksia. Erityisesti uutisissa näkyy yhteiskuntaan liittyviä vaikutuksia. Tieteellisessä kirjallisuudessa, kuten artikkeleissa, on usein tieteellisempi ja spesifimpi näkökulma. (Jarman & McClune, 2007, 1–15)

Tieteellisen uutisen lukeminen ja kriittinen arviointi ovat tärkeitä taitoja tulevaisuuden kansalaisille. Jarman & McClunen (2007, 1–15) mukaan tieteellisten uutisten lukeminen lisää luonnontieteen relevanssia, sitouttaa ja tukee luonnontieteiden opiskelua sekä edistää elinikäistä oppimista ja tieteellistä lukutaitoa. Uutisten lukemisen opettelu on tarpeellinen asia myös tulevaisuuden aktiivista kansalaisuutta ajatellen. On hyvä osata seurata aikaansa ja olla tietoinen ympärillä tapahtuvista asioista. Tieteelliseen kirjallisuuteen tutustuminen lisää ymmärrystä kemiasta tieteenalana ja tiedon tekemisestä ja kehittymisestä.

Opetettavan aiheen tarkastelu uutisen kontekstissa, liittyy sen nykyhetkeen ja laajentaa näkemystä aiheen merkityksestä yhteiskunnassa. (Chang Rundgren & Rundgren, 2015)

Uutisten lukemisen koetaan myös usein olevan kiinnostavampaa kuin oppikirjan lukeminen. (Jarman & McClune, 2007) Kiinnostavuutta lisää tieteen kytkös arkeen. Usein uutiset on myös kirjoitettu huomiota kiinnittävällä tavalla.

Uutisten käyttö opetuksessa tulee kuitenkin olla perusteltua ja tukea haluttuja oppimistavoitteita. Median käyttö nykynuorten keskuudessa on yleistä ja luontevaa ja nuorilla on jo valmiiksi taitoa hyödyntää mediaa. (Chang Rundgren & Rundgren, 2015) Uutisten valinnassa tulee kuitenkin huomioida opiskelijoiden tietotaso, jotta uutinen on opiskelijoiden ymmärrettävissä. Lisäksi opiskelijat tarvitsevat kriittistä lukutaitoa uutisten analysointiin. Opiskelijan tulee ymmärtää, että uutisilla on usein tietty tarkoitus, jonka suuntaisesti ne on kirjoitettu. (Jarman & McClune, 2007, 83–95) Myös uutisen lähdettä ja luotettavuutta on hyvä osata arvioida. Nämä ovat yleisestikin tärkeitä taitoja opiskelijoiden elämän kannalta, joten niin on hyvä harjoitella.

Uutisia voidaan hyödyntää opetuksessa monin tavoin. Uutiset voivat toimia oppitunnin alussa motivaation herättämisessä ja aiheeseen johdatteluna, oppitunnin aikana keskustelun tai työskentelyn kontekstina tai oppitunnin lopussa opiskellun asian vahvistamiseen ja koontiin sekä opitun tiedon soveltamiseen. Uutiset myös tarjoavat erilaisia näkökulmia opiskeltuun asiaan. (Jarman & McClune, 2007, 96–118) Tässä tutkielmassa uutisten käyttö

esiintyy osana kehittämistuotosta. Tässä tapauksessa alussa perehdytään aiheeseen tieteellisen artikkelin avulla ja lopuksi syvennetään ja sovelletaan opittua tietoa uutisten avulla.

Uutisten käyttö kemian opetuksessa tukee lukion opetussuunnitelman perusteiden tavoitteita nykyaikaisen maailmankuvan rakentamisessa ja monipuolisen yleissivistyksen kehittämisessä. Tieteellisten artikkelien ja uutisten lukeminen ohjaa myös tiedonhakuun ja kehittää kriittistä luku- ja ajattelutaitoa sekä antaa valmiuksia kemiaan liittyvään yhteiskunnalliseen keskusteluun. (Opetushallitus, 2015; Opetushallitus, 2019)

3.5 Ioniset nesteet ja selluloosa

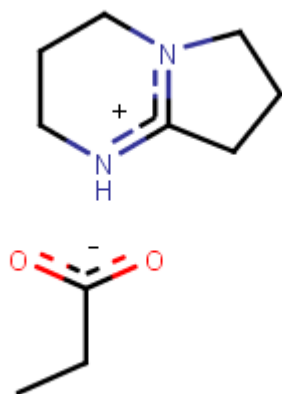
Seuraavissa luvuissa käsitellään tutkielman kokeellisen osuuden kannalta olennaisia asioita ionisista nesteistä ja selluloosasta.

3.5.2 Ioniset nesteet

Ioniset nesteet ovat orgaanisia suoloja, joiden sulamispiste on alle 100 astetta. Ionisen nesteen suolat koostuvat orgaanisesta kationista ja orgaanisesta tai epäorgaanisesta anionista. Ionisten nesteiden anionit ja kationit ovat usein isompia ja monimutkaisempia kuin kiinteänä huoneenlämmössä esiintyvien ioniyhdisteiden kationit ja anionit. Kationit ja anionit, joista ioninen neste koostuu, vaikuttavat merkittävästi nesteen ominaisuuksiin. Erilaisilla anioni-kationi-yhdistelmillä voidaan säätää ionisen nesteen ominaisuuksia ja valita tarkoitukseen sopiva yhdistelmä. (Hummel et al., 2015) Ionisten nesteiden ainutlaatuisia ominaisuuksia ovat pieni haihtuvuus, palamattomuus, stabiilius sekä liukoisuus moniin yhdisteisiin. Ionisilla nesteillä on alhainen höyrynpaine, jonka ansiosta sitä ei juurikaan haihdu ja sitä pystytään hyvin kierrättämään. Ionisilla nesteillä on myös alhainen viskositeetti, jolloin sitä voidaan käsitellä alhaisemmissa lämpötiloissa. Edellä mainituista syistä ionisia nesteteitä kutsutaan usein vihreiksi liuottimiksi. (Hernani, Mudzakir & Sumarna, 2017)

1,5-diatsabisyklo[4.3.0]non-5-enium propionaatti ([DBNH][CO₂Et]) on yksi esimerkki selluloosaa liuottavasta ioninesteestä. (Kuva 4.) Tässä kationina toimii 1,5-

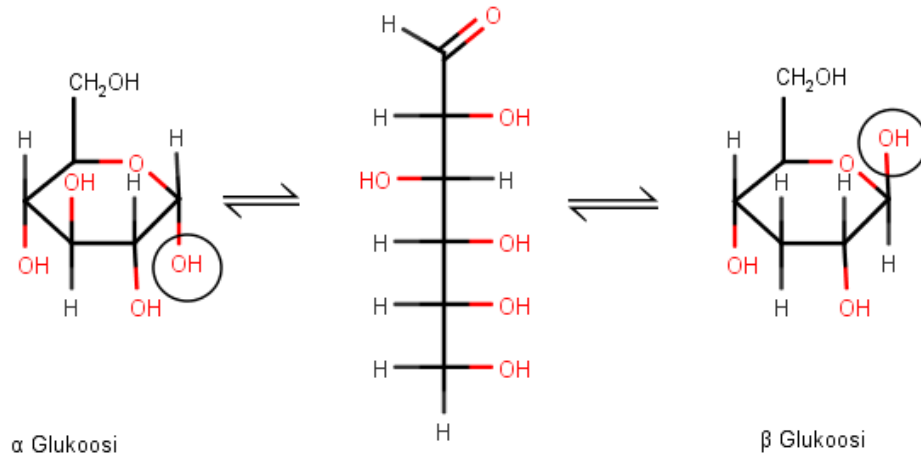
diatsabisyklo[4.3.0]non-5-enium (DBNH) ja vasta-anionina toimii propionaatti.
(Parviainen et al., 2013)



Kuva 4. 1,5-diatsabisyklo[4.3.0]non-5-enium propionaatti, [DBNH][CO₂Et] (Parviainen et al., 2013)

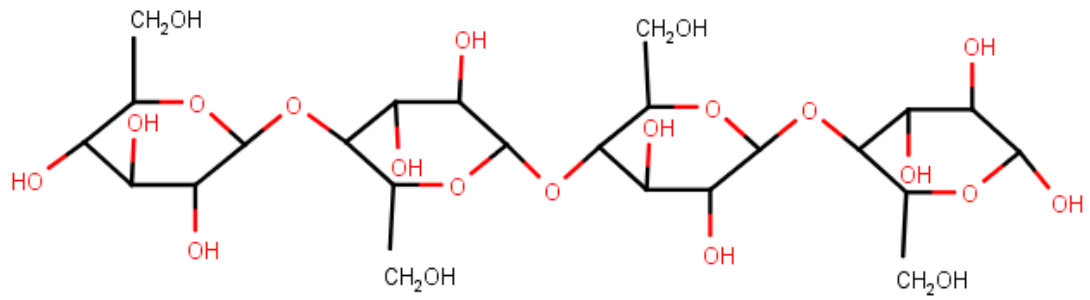
3.5.3 Selluloosa

Selluloosa on yksi maailman runsaimmista orgaanisista yhdisteistä. Selluloosa on glukoosin muodostama polymeeri eli se koostuu glukoosiyksiköistä. (Campbell & Reece, 2015) Selluloosan sisältämä glukoosi on beta-glukoosia eli glukoosirenkaassa ensimmäiseen hiileen kiinnittynyt hydroksyyli ryhmä osoittaa tasosta alaspäin. (Kuva 5)

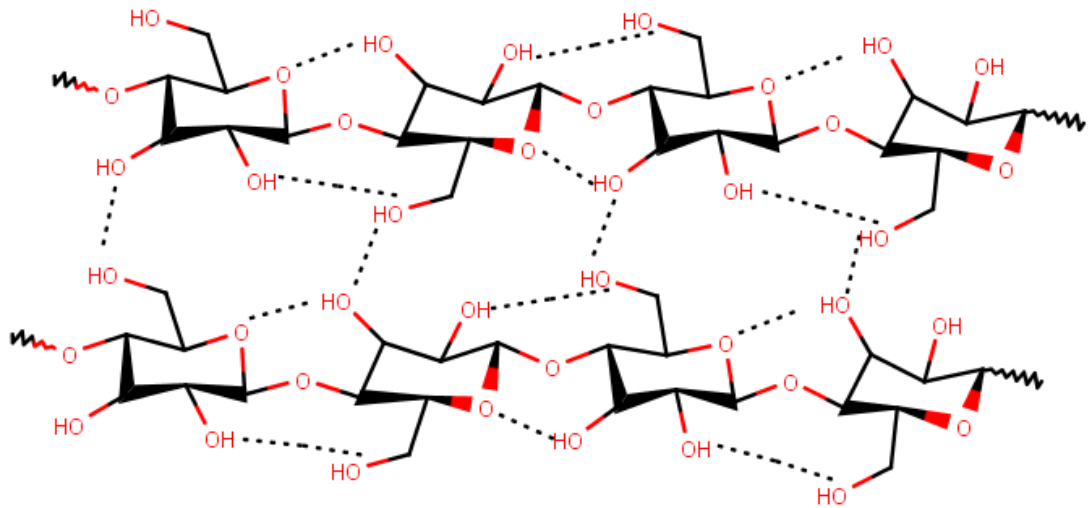


Kuva 5. alfa- ja beta-glukoosi (Campbell & Reece, 2015, 120)

Selluloosaketju muodostuu beta-glukooseista, joista joka toinen on ylösalaisin. (kuva 6) Tämän rakenteen takia selluloosa on aina suoraa haaroittumatonta ketjua. (Campbell & Reece, 2015) Selluloosa sisältää monia molekyylien välisiä ja molekyylien sisäisiä vetysidoksia. (kuva 7) Pitkät selluloosaketjut kiinnittyvät toisiinsa hydrofiilisin vetysidoksin. Yhteen kiinnittyneet selluloosaketjut muodostavat kerroksia. Kerrokset ovat kiinni toisissaan Van der Waalsin voimilla sekä hydrofobisin C-OH -sidoksin. (Wang, Gurau & Rogers, 2012) Kerroksista muodostuu mikrofibrillejä, jotka toimivat muun muassa kasvien rakenneosana. Selluloosa on siis amfifiilistä eli sisältää hydrofobisia ja hydrofiilisiä osia. Selluloosan rakenne on suhteellisen vahva mainittujen vuorovaikutusten takia ja vain harvat entsyymit pystyvät hajottamaan sitä. Esimerkiksi ihmisen elimistö ei pysty hajottamaan selluloosaa vaan suurin osa siitä tulee ulosteen mukana ulos. Selluloosa on suhteellisen poolista monien OH-ryhmien takia eikä näin ollen liukene poolittomiin liuottimiin. Vetysitoutumisen takia se ei myöskään liukene veteen tai muihin tavallisiin orgaanisiin liuottimiin. (Lindman, Karlström & Stigsson, 2010)



Kuva 6. Selluloosaketjun muodostuminen (Campbell & Reece, 2015)



Kuva 7. Selluloosan vetysidokset (Wang et al., 2012)

Selluloosajohdannaisilla on monia merkittäviä käyttötarkoituksia muun muassa kuituna, paperina, polymeerien ja maalien komponenttina. (Swatloski, Spear, Holbrey & Rogers, 2002)

3.5.4 Selluloosa tekstiilimateriaalina

Tekstiilimateriaalin tarpeen on arvioitu kasvavan 84 prosentilla vuoteen 2030 mennessä. Tekstiilimateriaalitarpeesta noin kolmasosa on selluloosakuitua, jota saadaan pääosin puuvillasta. Väkiluvun kasvaminen lisää ruuan tarvetta, mikä lisää viljelymaahan tarvittavaa pinta-alaa, joka ei tule riittämään pitkään. Vähenevä viljelypinta-ala vaikuttaa myös tekstiilituotantoon. Puuvillan kasvatus vaatii paljon pinta-alaa. Arviolta puuvillan viljelymaan osuus on 2 % koko maailman viljelymaasta, mutta prosenttiosuus on todellisuudessa isompi alueilla, joilla puuvillan on mahdollista kasvaa. Selluloosan tarpeen lisääntyminen ja käytettävissä olevan viljelypinta-alan määrän pieneneminen johtavat synteettisen selluloosan kysynnän merkittävään kasvuun. (Hämmerle, 2011)

Tekstiilikuidusta noin kolmasosan tulee olla selluloosakuitua. Selluloosakuidulla on hyviä ominaisuuksia kuten hydrofiilisyyttä, joka vaikuttaa positiivisesti hengittävyyteen sekä kosteuden säätely. Selluloosakuitu pystyy imemään kehon kosteutta ja vapauttamaan sen ilmaan. Tämä ominaisuus on tärkeä tekstiilimateriaalille. Selluloosakuidulla nämä ominaisuudet ovat etu esimerkiksi öljypohjaisiin synteettisiin tekstiilimateriaaleihin kuten polyesteriin ja polyamideihin verrattuna. Lisäksi selluloosakuitua pystytään kierrättämään suhteellisen hyvin muihin tekstiilimateriaaleihin verrattuna. (Parviainen et al., 2015)

Synteettisen selluloosakuidun valmistuksessa hyödynnetään puiden selluloosaa. Puiden viljely on hyvin paljon ympäristöystävällisempää verrattuna puuvillan viljelyyn. Puita voidaan kasvattaa reuna-alueilla eikä niiden kasvatukseen tarvita lannoitteita, torjunta-aineita ja veden kulutus on huomattavasti pienempää. Tutkimusten perusteella tekoselluloosakuidun valmistuksella on pienempi hiilijalanjälki kuin puuvillan kasvatuksella. (Hämmerle, 2011)

Tekoselluloosakuidun tarve tulee siis lisääntymään tulevaisuudessa ja puuvillan korvaaminen tekoselluloosalla on yksi ratkaisu viljelymaan ja muiden resurssien riittämättömyyteen. (Hämmerle, 2011; Parviainen et al., 2015)

3.5.5 Ioniset nesteet ja selluloosa

Synteettistä selluloosakuitua valmistetaan kaupallisesti viskoosi- ja Lyocell-menetelmien avulla. Edellä mainituissa menetelmissä on kuitenkin haittapuolensa. Viskoosi

menetelmässä muodostuu sivutuotteena ympäristölle haitallisia aineita kuten rikkivetykaasua ja tioliyhdisteitä. Ongelma voidaan kuitenkin ratkaista liuottamalla selluloosa suoraluotuksella. Suora liuotin liuottaa selluloosan suoraan ilman selluloosan kemiallista muokkaamista rikkomalla molekyylin sisäiset vetysidokset. (Lindman et al., 2010; Swatloski et al., 2002) Tähän on kehitetty kaupallisella tasolla esimerkiksi Lyocell-kuitua valmistava prosessi, jossa liuottimena käytetään N-metyylimorfoliini-N-oksidia (NMMO). Lyocell-menetelmän käyttö on kuitenkin hyvin rajallista liuottimen rakenteen aiheuttamien sivureaktioiden ja -tuotteiden takia. (Hummel et al., 2015; Sixta et al., 2015)

Näiden syiden takia paremman liuottimen kehittäminen on merkittävä asia synteettisen selluloosakuidun valmistukselle. Selluloosan liuottamiseen ionisia nesteitä on alettu käyttää vuonna 2002 eli se on suhteellisen uusi sovellus. (Hauru, Hummel, Nieminen, Michud & Sixta, 2016)

Valitsemalla sopiva ioninen neste, anioni sitoutuu helposti selluloosamolekyylien kanssa, jolloin selluloosa liukenee nopeasti. Mekanismi perustuu molekyylin sisäisen vetysidoksen katkaisemiseen, jolloin sitä kutsutaan suoraluotukseksi. Ioninen neste häiritsee selluloosamolekyylien välistä vetysitoutumista siten, että anioni sitoutuu hydroksyyliiryhmän kanssa. (Hauru et al., 2016; Parviainen et al., 2013) Superemästen on todettu toimivan tehokkaasti selluloosaa liuottavassa ionisessa nesteessä. Tämänkin tutkielman työssä hyödynnetään superemästä 1,5-diatsabisyklo[4.3.0]non-5-eeni (DBN). Superemäksen voidaan yhdellä tapaa määrittellä olevan neutraali orgaaninen natriumhydroksidia emäksisempi emäs. (Parviainen et al., 2013)

Selluloosa-ioninesteliuoksesta saadaan selluloosakuitua esimerkiksi Ioncell-F menetelmällä, jossa liuos pursotetaan ilma-aukon läpi vesikylpyyn. (Parviainen et al., 2015) Tällöin selluloosaa venyy ja polymeeriketjut orientoituvat. Vesikylvyssä vesi hydratoi ionisen nesteen ja selluloosa saostuu. (Hauru et al., 2016) Saostetun selluloosan makroskooppinen morfologia riippuu siitä, miten se joutuu kontaktiin antiliuottimen eli tässä tapauksessa veden kanssa. (Swatloski et al., 2002) Muodostunutta selluloosaa voidaan kehrätä esimerkiksi langaksi ja hyödyntää moniin eri käyttötarkoituksiin.

3.5.6 Ioniset nesteet opetuksessa

Ionisia nesteitä kemian opetuksen kontekstina on jonkin verran tutkittu ulkomailla. Esimeriksi Hernani et al. (2017) tutkivat miten ionisten nesteiden konteksti voisi rikastuttaa oppimateriaaleja. He nostivat tutkimuksessaan esille neljä sovellusta, joissa ionisia nesteitä voidaan hyödyntää. Sovellukset ovat magneettinen voitelu, elektrolyyttinen polttokenno, nanoselluloosa sekä keinotekoiset lihakset. He toteavat tutkimustuloksissaan, että ionisten nesteiden kontekstin avulla voidaan rikastaa kemiallisten sidosten, makromolekyylien ja polymeerien, alkuaineiden, sähkökemian, kolloidien ja elektrolyyttien opetusta.

Hernani et al. (2017) toteavat tutkimuksessaan ionisten nesteiden kontekstin toimivan hyvänä ajankohtaisena esimerkkinä tieteen ja teknologian mahdollistamasta vihreän kemian innovaatiosta. He myös uskovat kontekstin sisältävän paljon mahdollisuuksia kemian asiasisältöjen opetuksessa ja ajattelutaitojen kehityksessä.

Mudzakir, Hernani, Widhiyanti & Devi (2017) ovat tutkimuksessaan todenneet ionisten nesteiden toimivan myös kemian filosofian opetuksessa esimerkiksi epistemologisen luonteen esiin tuomalla. He korostavat tutkimuksessaan ionisten nesteiden olevan hyvä konteksti tieteen ja teknologian välisten yhteyksien havainnollistamiseen ja kemialliseen asenteeseen vaikuttavaksi kontekstiksi. Heidän tutkimuksensa perusteella, ionisia nesteitä voidaan käyttää erityisesti kemiallisten sidosten, orgaanisten yhdisteiden, happo-emäs-teorian, polymeerien ja molekyylin sisäisten vuorovaikutusten opetuksen yhteydessä.

Seuraavaan taulukkoon (Taulukko 3) on koottu Mudzakir et al. (2017) sekä Hernani et al. (2017) tutkimuksissa esiintyneitä näkemyksiä ionisten nesteiden kontekstin mahdollisuuksista kemian opetuksessa.

Taulukko 3. Ionisten nesteiden kontekstin mahdollistamat näkökulmat ja sisällöt (Hernani et al., 2017; Mudzakir et al., 2017)

Osa-alue	Tieteen ja teknologian näkökulma	Kemiallinen sisältö
Ionisten nesteiden määritelmä	Tieteen ja teknologian luonne	Kemialliset sidokset, olomuodot
Ionisten nesteiden historiaa	Tieteen ja tieteellisen tiedon luominen	Kemialliset sidokset
Ionisten nesteiden ominaisuudet	Tieteen ja tieteellisen tiedon luonne	Kemialliset sidokset, molekyylin sisäiset vuorovaikutukset, varaukset, viskositeetti, höyrynpaine
Ionisten nesteiden synteesi	Tieteen ja tieteellisen tiedon luominen	Orgaanisten yhdisteiden reaktiot, happo-emäs-reaktiot
Ionisten nesteiden sovellukset	Teknologian mahdollisuudet ja vaikutukset	Kemialliset sidokset, molekyylin sisäiset vuorovaikutukset, elektrolyysi, polymeeri, redox-reaktiot, metallit, hiilihydraatit

Ionisista liuoksista on myös kehitetty muutamia laboratoriokokeita opetuksen tueksi. Esimerkiksi Stark, Ott, Kralisch, Kreisel & Ondruschka (2010) ovat kehittäneet kokeellisen työn ionisista nesteistä hyödyntäen niiden vihreän kemian näkökulmaa.

Ioniset nesteet kontekstina tukevat Suomen lukio-opetuksen opetussuunnitelman perusteita muodostamalla nykyaikaista maailmankuvaa, lisäämällä ymmärrystä kemian merkityksestä jokapäiväisessä elämässä ja kestäväen tulevaisuuden rakentamisessa. (Opetushallitus, 2015; Opetushallitus, 2019) Aihe toimii hyvin esimerkkinä kemian tuomien ratkaisujen kehityksestä. Lisäksi tutkimuksellinen työskentely kehittää tutkimisen taitoja.

Erityisesti ioniset nesteet kontekstina sopivat lukion kursseille Kemiaa kaikkialla (KE1) ja Ihmisen ja elinympäristön kemiaa (KE2). Ioniset nesteet tukevat KE1 kurssin tavoitetta

liittää kemia yhteiskunnalliseen keskusteluun sekä sopivat kurssin sisältöihin liittyen kemian merkitykseen, kemiallisiin sidoksiin sekä aineen ominaisuuksiin. Ioniset nesteet toimivat myös esimerkkinä kemian merkityksestä hyvinvoinnille ja ympäristölle KE2 kurssin tavoitteen mukaisesti. Edellä kuvatuin tavoin konteksti tukee myös uusien 2021 voimaantulevien lukion opetussuunnitelman perusteiden kursseja Kemia ja minä (KE1), sekä Kemia ja kestävä tulevaisuus (KE2). (Opetushallitus, 2019)

3.6 Teoreettisen ongelma-analyysin koonti

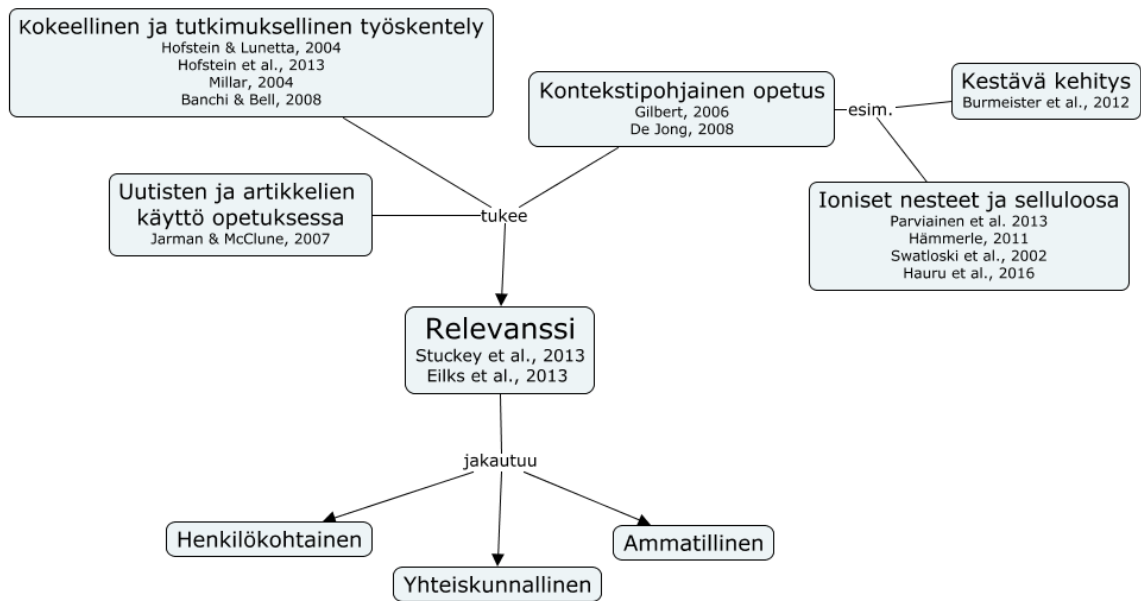
Kemian opiskelun mielenkiintoa tulee lisätä, jotta tulevaisuudessa yhteiskunnalla on tarpeeksi kemian osaajia. Opetus- ja työtavalla on yhteys oppiaineesta pitämiseen ja oppimistuloksiin. (Kärnä et al., 2012) Kemian opiskelun kiinnostavuutta voidaan lisätä käyttämällä uutisia ja kontekstipohjaista opetusta valitsemalla opetettava aihe opiskelijoiden kiinnostuksen pohjalta. Opiskelijoita kiinnostava aihe voi lisätä henkilökohtaista relevanssia, mikä sitouttaa opiskelijaa kemian opiskeluun.

Hyvä tapa toteuttaa kontekstipohjaista opetusta ja lisätä opiskelijoiden mielenkiintoa on käyttää monipuolisia opetusmuotoja. Erityisesti kemian opetuksessa tulee hyödyntää luonnontieteille ominaista kokeellisen ja tutkimuksellisen työskentelyn työtapaa.

Ioniset nesteet ja selluloosa on yksi esimerkki opetuskontekstista, joka on moderni, nykyaikainen, kestävä kehitystä tukeva aihe (Hernani et al., 2017). Aiheen avulla voidaan päästä lähelle opiskelijoiden arkea lähestymällä sitä vaatteiden ja kulutuksen kautta. Lisäksi aihe on hyvin yhteiskunnallinen väestönkasvun ja teknologian kehityksen kannalta.

Parhaimmillaan opetuksella pystytään ottamaan huomioon kaikki relevanssiluokat, henkilökohtainen, ammatillinen ja yhteiskunnallinen relevanssi. Tällainen opetus on opiskelijoita kiinnostavaa ja tukee yhteiskunnallista ja ammatillista näkemystä tuoden opiskelijoille tietoa uramahdollisuuksista ja kasvattaen heitä vastuullisiksi yhteiskunnan jäseniksi.

Edellä mainitut teoreettisissa ongelma-analyysissä käsitellyt kokonaisuudet ja pääasialliset lähteet on koottu seuraavaan kuvaan. (Kuva 8)



Kuva 8. Käsittekartta teoreettisessa ongelma-analyysissä käsitellyistä kokonaisuuksista sekä niiden pääasialliset lähteet

4. Aktiviteetin kehittäminen

Teoreettisen ongelma-analyysin (luku 3) avulla selvitettiin kemian opetukseen liittyviä haasteita ja tarpeita. Suurimpina haasteina esiintyivät kemian opiskelun kiinnostuksen ja relevanssin puute. Ongelma-analyysissä selvitettiin myös millaisia piirteitä relevantti opetus sisältää ja millaiset asiat tätä tukevat. Lisäksi teoreettisessa viitekehityksessä kartoitettiin valitun kontekstin kemiaa ja sen aiempaa hyödyntämistä opetuksessa. Näiden tulosten perusteella päädyttiin suunnittelemaan kokeellisuutta sisältävä aktiviteetti.

Teoreettisen ongelma-analyysissä esiin nousseiden tarpeiden ja mahdollisuuksien perusteella on suunniteltu kehittämistuotoksesta ensimmäinen versio (Liite 1). Tämän kehittämistuotoksen tarkoituksena on toimia relevanssia monipuolisesti tukevana kokeellisuutta sisältävänä oppimateriaalina. Kehittämistuotoksen on tarkoitus huomioida kaikkia Stuckey et al. (2013) relevanssimallin ulottuvuuksia.

Relevanssia pyritään tukemaan teoreettisessa ongelma-analyysissä esiteltyjen aiempien tutkimustulosten perusteella relevanssia mahdollisesti tukevien asioiden avulla.

Relevanssia tuetaan muun muassa kiinnostavan kontekstin, tutkimuksellisen työtavan, uutisten ja artikkelien käytön sekä yhteiskunnallisen ja ratkaisukeskeisen näkökulman avulla.

Aktiviteetissa on selkeä ionisiin nesteisiin ja selluloosaan liittyvä konteksti. Lisäksi toisena kantavana teemana on kestävä kehitys. Kontekstien on tarkoituksena motivoida kemian opiskeluun ja korostaa kemian merkitystä arjessa ja yhteiskunnassa. Aktiviteetissa esiintyvä sovellus on suhteellisen uusi innovaatio, jonka käyttö tulee varmasti yleistymään. Tämä luo aktiviteettiin tulevaisuuden mahdollisuuksien näkökulmaa tämänhetkisen tilanteen lisäksi.

Aktiviteetti on kehitetty hyödyntäen tietoa aiheeseen virittämisen, keskustelun ja reflektion merkityksestä. Näitä asioita tukee aktiviteetin kolmiosainen rakenne, joka sisältää kokeellisen osuuden lisäksi työhön virityksen sekä kokoavan lopputehtävän. Tavoitteena oli kehittää kokeellinen työohje, mutta aktiviteetin kokonaisuutena voidaan katsoa olevan tutkimuksellinen.

Liitteenä oleva aktiviteetti (Liite 1 ja Liite 2) sisältää esimerkkivastaukset osaan kysymyksistä. Työohje toimii myös oppilaanohjeena ilman kysymysten vastauksia.

5. Kehittämistuotos versio 1

Tässä luvussa esitellään ongelma-analyysin perustella tuotettu kehittämistuotoksen ensimmäinen versio. (Liite 1) Kehittämistuotos on kokonaisuus, jonka tavoitteena on vastata ongelma-analyysissä esiin tulleisiin tarpeisiin. Kehittämistuotoksen kokeellinen osuus on suunniteltu yhteistyössä tutkielmaan liittyvän ionisten nesteiden innovaation kehittäneen Helsingin yliopiston materiaalikemian tutkimusryhmän kanssa.

Kehittämistuotoksen tarkoitus on tukea opiskelijoiden relevanssia monipuolisesti ja lisätä opiskelijoiden kiinnostusta kemian opiskelua kohtaan. Kehittämistuotos sisältää aiheeseen virittävät enakkotehtävät, kokeellisen työn ohjeen sekä lopputehtävät. Kehittämistuotosta

kokonaisuutena kutsutaan tutkielmassa aktiviteetiksi. Ennakkotehtävien tarkoitus on virittää opiskelijat aiheeseen ja havainnollistaa aiheen merkitystä yhteiskunnassa. Kokeellisessa osuudessa oppilaat pääsevät itse konkreettisesti kokeilemaan uutta innovaatiota käytännössä. Lopputehtävien tarkoitus on havainnollistaa sitä, miten aihe näkyy mediassa ja mitä tulevaisuuden mahdollisuuksia sillä on.

Kokonaisuutena tuotoksen tavoitteena on tuoda esiin yhteiskunnallinen ongelma, antaa esimerkki kemian merkityksestä ongelmanratkaisussa, olla esimerkkinä ajankohtaisesta innovaatiosta ja opettaa uusia kokeellisia työtapoja.

Aktiviteetti sopii parhaiten lukion kursseille Kemiaa kaikkialla (KE1) ja Ihmisen ja elinympäristön kemiaa (KE2) (tai uudet lukion opetussuunnitelmien perusteet Kemia ja minä (KE1) ja Kemia ja kestävä tulevaisuus (KE2)).

5.1 Ennakkotehtävät

Ennakkotehtävät on tarkoitus tehdä ennen kokeellisen osuuden suorittamista.

Ennakkotehtävät voidaan tehdä juuri ennen kokeellista osuutta, edellisellä oppitunnilla tai itsenäisesti kotitehtävänä. Ennakkotehtävässä tutustutaan Hämmerlen (2011) artikkelin avulla selluloosaan tekstiilimateriaalina ja pureudutaan yhteiskunnalliseen ongelmaan puuvillasta tekstiilimateriaalina. Opiskelijat lukevat artikkelin ja vastaavat sen perusteella seuraaviin kysymyksiin.

1. Miksi selluloosa on tärkeä tekstiilimateriaali?
2. Mitä tarkoitetaan selluloosa ”gapillä”?
3. Miksi synteettinen selluloosa on avain asemassa selluloosa ”gapin” täyttämässä artikkelin mukaan?

Ennakkotehtävät toimivat aiheeseen virittävänä tehtävänä. Ne antavat taustatietoa ionisten nesteiden merkityksestä selluloosan liuottamisessa. Taustatieto ja ratkaisukeskeinen näkökulma lisäävät työn merkityksellisyyttä ja motivoivat kokeelliseen osuuteen. Yhteiskuntapainotteinen näkökulma ja tieteellisen artikkelin lukeminen tuovat teorian lähemmäs opiskelijan arkea ja yhteiskuntaa. Ennakkotehtävät ovat tärkeä osa aktiviteettia, sillä ilman niitä kokeellinen osuus voi jäädä irralliseksi ja merkityksettömäksi opiskelijoille.

5.2 Kokeellinen osuus

Kokeellisessa osuudessa opiskelijat pääsevät kokeilemaan ennakkotehtävissä esiin tulleen ongelmanratkaisemiseen liittyvää kemian modernia työtapaa. Kokeellisessa työssä opiskelijat valmistavat itse ionisen nesteen, liuottavat siihen selluloosaa ja saostavat selluloosan.

Ennen varsinaista työohjetta aktiviteetissa on esitelty lyhyesti työhön liittyvää taustaa selluloosasta ja ionisista nesteistä. Nämä on hyvä käydä läpi ennen työn ohjeistusta.

Ioninen neste valmistetaan yhdistämällä propaanihappoa ja DBN:ä. Valmistettuun ioniseen nesteeseen lisätään selluloosaa ja se liuotetaan nesteeseen kuumentamalla liuosta vesihauteessa 60 asteessa 10-15 minuutin ajan. Kun selluloosa on liuennut, annetaan liuoksen jäähtyä hetki. Tämän jälkeen liuosta pursotetaan ruiskun ja neulan avulla viileään veteen. Kun liuos pääsee kosketuksiin veden kanssa, selluloosa alkaa saostua ja ioninen neste leviää veteen. Selluloosan annetaan saostua 10-15 minuuttia, jonka jälkeen vesi vaihdetaan ja annetaan selluloosan seistä vedessä vielä hetki. Valmiin selluloosan voi säilyttää vesiastiassa tai kuivattaa petrimaljalla.

Kokeellisessa osuudessa opiskelijat tutustuvat ionisiin nesteisiin, liukenemiseen ja saostumiseen. Käytettävät määrät ovat pieniä, joten opiskelijat pääsevät harjoittelemaan tarkkaa punnitsemista ja huolellista työskentelyä.

Kokeellisen työohjeen lisäksi kokeellinen osuus sisältää työhön liittyviä kysymyksiä, joihin opiskelijat voivat vastata työn aikana tai työn lopuksi. Kysymyksien avulla on tarkoitus laittaa opiskelijat pohtimaan tehtyä työtä ja herättää keskustelua kokeellisesta osuudesta. Kokeellisen työohjeen lopussa on myös vinkkejä opettajalle. Vinkeissä on oleellisia työhön liittyviä huomioita, jotka kannattaa lukea työn ohjaamisen helpottamiseksi.

Kokeellisen osuuden jälkeen työtä olisi vielä hyvä vetää yhteen yhteisellä koonnilla ja reflektoida opittua keskustelemalla kokeellisesta osuudesta, siinä tapahtuvista reaktioista ja sen merkityksestä.

5.3 Lopputehtävät

Lopputehtävät tulee suorittaa kokeellisen osuuden jälkeen. Lopputehtäviä voidaan myös tehdä samalla kun odotetaan selluloosan saostumista ja kuivumista. Lopputehtävänä on selvittää ionisten nesteiden ja selluloosan näkymistä mediassa ja niiden tulevaisuuden mahdollisuuksia uutisten perusteella. Tehtävänä on etsiä kaksi selluloosaan ja ionisiin nesteisiin liittyvää uutista ja vastata löydettyjen uutisten perusteella soveltuvin osin seuraaviin kysymyksiin.

1. Miten uutinen käsittelee selluloosaa?
2. Onko uutinen pääosin positiivinen vai negatiivinen?
3. Mitä kaikkea selluloosasta voidaan valmistaa?
4. Miten selluloosan uudet käyttötavat vaikuttavat Suomen teollisuuteen/talouteen?
5. Millaisia mahdollisuuksia selluloosalla on tulevaisuudessa?

Lopputehtävissä opiskelijat pääsevät harjoittelemaan tiedonhakua ja tarkastelemaan kemian näkymistä mediassa. He saavat tietoa kokeelliseen työhön liittyvän sovelluksen merkityksestä ja tulevaisuuden mahdollisuuksista. Lisäksi uutisten käyttö opetuksessa tuo aiheen lähemmäs arkea ja antaa kuvaa kemian merkityksestä yhteiskunnassa.

6. Kehittämistuotoksen arviointi

Tässä luvussa käsitellään sitä, miten tuotettua kehittämistuotoksen ensimmäistä versiota (Liite 1) arvioitiin. Tässä tutkimuksessa kehittämistuotosta arvioitiin laadullisen tapaustutkimuksen perusteella. Kehittämistuotoksen arviointi toimii luotujen mallien testaamisessa ja tuotoksen kehittämisen perusteena.

6.1 Tapaustutkimus

Tapaustutkimus toteutettiin haastattelemalla tulevia kemian aineenopettajaopiskelijoita. Kehittämistuotos eli työohje ennako- ja lopputehtävineen lähetettiin haastateltaville

etukäteen, jotta heillä oli aikaa tutustua siihen ennen haastattelua. Haastattelut suoritettiin kolmelle kemian aineenopettajaopiskelijalle.

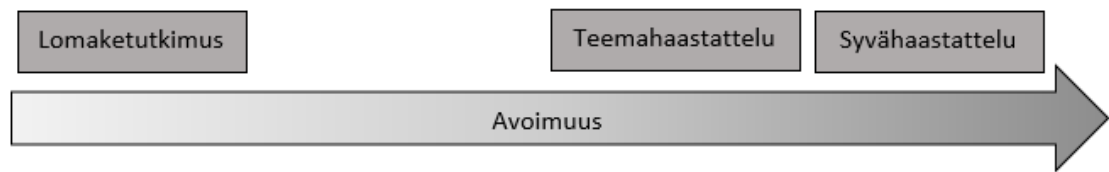
6.2 Tutkimusmenetelmä

Haastattelu on yksi tiedonkeräysmenetelmä, jonka avulla voidaan hankkia tutkimusaineistoa. Haastattelulle ominaisia piirteitä ovat etukäteen suunniteltu runko, haastattelijan rooli keskustelun ohjauksessa, ylläpidossa ja haastateltavan motivoinnissa sekä molemmin puolinen luottamus. (Hirsjärvi & Hurme, 2008)

Haastattelun etuna on joustavuus. Haastattelu antaa mahdollisuuden tarkentaville kysymyksille, kysymysten selventämiselle sekä tilanteen havainnoinnille. (Tuomi & Sarajärvi, 2018)

Haastattelumuotoja on olemassa erilaisia. Haastattelu voi olla tarkasti rajattua hyvin strukturoitua tiettyihin kysymyksiin pohjautuvaa tai avointa keskustelumaista haastattelua. Strukturoiduinta haastattelumuotoa kutsutaan lomakehaastatteluksi. (Hirsjärvi & Hurme, 2008) Lomakehaastattelussa on tarkat selkeät kysymykset ja tietty esiintymisjärjestys.

Avointa haastattelua kutsutaan syvähaastatteluksi. Syvähaastattelussa avoimet kysymykset ja keskustelu johdattavat haastattelun etenemistä. Kolmas yleisesti käytetty haastattelustrategia on teemahaastattelu. Teemahaastattelua voidaan kutsua puolistrukturoiduksi haastatteluksi. (Hirsjärvi & Hurme, 2008) Teemahaastattelu on lähempänä strukturoimatonta haastattelua kuin strukturoitua. (Kuva 9) Teemahaastattelussa ei ole tarkkoja haastattelukysymyksiä, mutta käsiteltävät teemat on valittu etukäteen. Teemahaastattelussa suositaan teorialähtöistä näkökulmaa teemojen valinnassa. Teemahaastattelussa tulee kuitenkin huomioida, että haastattelijan määrittämät teemat eivät välttämättä ole haastateltavan mielestä olennaisia, jolloin valitut teemat saattavat rajoittaa haastattelun kulkua. (Aho, Hyvärinen, Nikander, 2017)



Kuva 9. Haastattelutyyppien avoimuus

Tässä tutkimuksessa haastattelustrategiaksi on valittu teemahaastattelu. Teemahaastattelu sopii haastattelumuodoksi, sillä haastattelun teemat pohjautuvat tutkimuskysymyksiin ja teoreettiseen viitekehykseen, mutta tällöin saadaan kuitenkin tarpeeksi avointa keskustelua aikaan ja kysymyksiä voidaan haastattelun aika syventää ja tarkentaa vastausten perusteella.

Haastateltavien määrä riippuu tutkimuskohteesta. Laadullisessa tutkimuksessa aineiston koko on pääsääntöisesti määrällistä tutkimusta pienempi, sillä laadullisessa tutkimuksessa ei ole tavoitteena tilastolliset yleistykset. (Tuomi & Sarajärvi, 2018) Yleisesti voidaan sanoa, että haastattelujen määrä on riittävä silloin kun haastatteluissa ei nouse esille enää uusia asioita eli aineisto saturoituu. Tämän tutkielman puitteissa haastateltavien määrä on tavanomaista pienempi.

Haastattelun etukäteen valitut teemat perustuvat kehittämistutkimuksen tarveanalyysissä muodostuneeseen teoreettiseen viitekehykseen. Haastattelua varten on muodostettu tutkimuskysymyksiin pohjautuvat haastattelukysymykset. Haastattelukysymykset laadittiin niin, että niiden avulla saataisiin tutkimuskysymyksien kannalta merkittäviä vastauksia.

Haastattelussa, kuten muissakin tutkimusmenetelmissä, tulee ottaa huomioon tutkimuksen eettiset näkökulmat. Haastattelussa molemminpuolinen luottamus on tärkeää. On varmistettava, että haastateltavat ovat antaneet suostumuksensa haastatteluun, aineiston säilytykseen ja käsittelyyn. Lisäksi haastattelun purkamisessa ja analyysissä on syytä kiinnittää huomiota siihen, ettei haastattelijoiden kommentteja muunnella tai tulkita väärin. Aineiston tulkinta tulee tehdä niin totuudenmukaisesti kuin mahdollista. Haastatteluun liittyvä raportointi tulee tehdä harkiten, niin, ettei siitä aiheudu haittaa haastateltaville.

(Hirsjärvi & Hurme, 2008) Tämän tutkielman haastatteluissa eettisyys on pyritty huomioimaan haastateltavien asianmukaisesta informoinnista, suostumusten varmistamisella sekä aineiston anonymisoinnilla ja luottamuksellisella raportoinnilla.

6.3 Haastattelun toteutus

Haastateltaviin otettiin yhteyttä sähköpostin välityksellä. Heitä informoitiin haastattelusta ja heiltä pyydettiin suostumusta siihen. Lisäksi heille lähetettiin etukäteen alustavat haastattelukysymykset (Liite 3) sekä kehittämistuotos eli työohje, joka sisältää etukäteistehtävät, kokeellisen osuuden ohjeistuksen sekä lopputehtävän (Liite 1). Näin haastateltavat pystyivät tutustumaan haastattelun teemaan etukäteen, mikä edisti haastattelutilannetta. Tuomi & Sarajärvi (2018) suosittelevatkin lähettämään haastateltaville haastatteluun liittyvää materiaalia etukäteen, jotta haastateltavat ehtivät tutustua teemaan. Lisäksi tämä lisää tutkimuksen eettisyyttä, sillä teemaan tutustuessaan haastateltavat saavat tietoa teemasta ja voivat halutessaan vielä kieltäytyä haastattelusta. Tutkimuksen eettisyyden nojalla haastateltaville lähetetyt haastattelukysymykset sisälsivät haastateltavan informointia tutkimuksen tarkoituksesta, haastateltavan oikeuksista sekä tulosten säilytyksestä ja käytöstä.

Tässä tutkimuksessa haastateltiin kolmea kemian aineenopettajaopiskelijaa. (Taulukko 4) Haastateltaviksi valittiin kemian opettajaopiskelijoita hyvän tavoitettavuuden vuoksi. Lisäksi haastateltavia yhdistää se, että työskentelevät laboratorio-opetuksen parissa. Tämä ominaisuus lisää heidän asiantuntijuuttaan kokeellisen työskentelyn kontekstissa. Haastattelut suoritettiin aikavälillä 8.–15.4.2020. Haastattelut toteutettiin etäyhteyden välityksellä vallitsevan poikkeustilan vuoksi. Haastatteluista tehtiin muistiinpanoja ja ne äänitettiin. Äänitteet litteroitiin tarkempaa analyysiä varten.

Taulukko 4. Haastatteluun osallistuneet henkilöt

Haastateltava	Sukupuoli	Opiskeluvuodet
Henkilö 1	Nainen	Enemmän kuin 5
Henkilö 2	Nainen	3-4
Henkilö 3	Nainen	4-5

Haastattelun teemat määräytyvät tutkimuksen teoreettisen viitekehityksen perusteella.

Tässä tutkimuksessa pääteemana toimii tutkimuskysymyksissä ja teoreettisessa viitekehityksessä esille nouseva Stuckey et al. (2013) relevanssimalli.

Haastattelukysymyksissä kokeellisen työohjeen toimivuuteen liittyy myös kemian kokeellisuuden teema.

Haastattelua ohjaavat haastattelukysymykset on jaoteltu teemojen mukaisesti perustietoihin, aktiviteetin toimivuuteen sekä Stuckey et al. (2013) relevanssimallin mukaisiin dimensioihin.

Haastattelun aluksi haastateltavilta kysyttiin perustietoina sukupuoli sekä opiskeluvuodet. Opiskeluvuodet voivat vaikuttaa haastateltavan näkemyksiin, joten ne voivat olla tutkimuksen kannalta olennaista tietoa.

Varsinaiset haastattelukysymykset teemoittain:

Aktiviteetin toimivuus

1. Mitä mieltä olet ennakkotehtävän toimivuudesta ja merkityksestä?
2. Onko työohjeen ohjeistus selkeä?
3. Mitä mieltä olet lopputehtävien toimivuudesta ja merkityksestä?
4. Miten kehittäisit aktiviteettia?

Henkilökohtainen relevanssi

5. Miten kiinnostavaksi koet aktiviteetin kontekstin?
6. Miten kiinnostavaksi koet kontekstin lukiolaisten näkökulmasta?
7. Tukeeko aktiviteetti koulussa opetettavia asioita?

Ammatillinen relevanssi

8. Tuleeko aktiviteetissa mielestäsi esille ammattien vaatimia tietoja tai taitoja?
9. Koetko, että aktiviteetti voisi vaikuttaa opiskelijoiden ammatinvalintaan?

Yhteiskunnallinen relevanssi

10. Tuleeko aktiviteetissa esille kemian yhteiskunnallinen merkitys?
11. Koetko, että aktiviteetti voisi vaikuttaa opiskelijan kemian alan arvostukseen?

6.4 Aineiston analyysi

Haastattelujen jälkeen aineisto purettiin litteroimalla. Litteroinnin jälkeen aineistoa analysoitiin valituin menetelmin. Hirsjärven & Hurmeen (2008) mukaan haastattelun analyysi koostuu yleisesti ottaen aineiston luennasta, luokittelusta ja yhteyksien löytämisestä. Tuomin & Sarajärven (2018) mukaan laadullisessa tutkimuksessa analyysimenetelmänä käytetään usein sisällönanalyysyä, joka perustuu sisältöjen analyysiin teoreettisena viitekehyksenä. Sisällön analyysit voivat olla aineisto- tai teorialähtöisiä. Tässä tutkielmassa hyödynnetään tarkempana analyysimuotona teorialähtöistä sisällönanalyysyä. Teorialähtöisessä analyysissä analyysi nojaa johonkin tiettyyn teoriaan tai malliin, tässä tapauksessa relevanssimalliin. (Tuomi & Sarajärvi, 2018) Tutkielmassa myös aineiston luokitteluperusteena käytetään Stuckey et al. (2013) relevanssimalliin perustuvia relevanssin ulottuvuuksia, joihin haastattelukysymyksetkin pohjautuvat. Tulosten analyysissä hyödynnetään myös osittain aineistolähtöistä analyysia aktiviteetin toimivuuteen liittyen. Aineistolähtöisessä sisällönanalyysissä analyysi perustuu aineiston tulkintaan ja päättelyiden tekemiseen, joista edetään päätelmiin ilmiöstä. (Tuomi & Sarajärvi, 2018) Aktiviteetin toimivuutta analysoitaessa analyysi perustuu aineistossa esiin tuleviin asioihin, joiden perusteella toimivuudesta tehdään päätelmiä.

Vastauksia ryhmiteltiin yläluokkiin ja luokiteltiin tarkemmin relevanssimalliin mukaan. Luokittelu tehtiin vertaamalla vastauksia Stuckey et al. (2013) relevanssimalliin ja arvioimalla mitkä asiat voivat tukea mitään relevanssin komponenttia. Esimerkiksi haastattelussa esiintyneet käsitteet selluloosa, ioniset nesteet, vaatteet ja materiaalit on yhdistetty yläluokan konteksti alle. Lisäksi yläluokka konteksti on luokiteltu relevanssimalliin mukaiseen ulottuvuuteen ja komponentteihin. (Taulukko 5)

Taulukko 5. Esimerkki tulosten luokittelusta

Ulottuvuus	Komponentti	Yläluokka	Pelkistetty ilmaus
Henkilökohtainen relevanssi	Sisäinen Nykyhetki	Konteksti	Selluloosa Ioniset nesteet Vaatteet Materiaalit

Aineiston luokittelun jälkeen yhteyksiä aineistossa etsitään yhdistelemällä aineistoa eli etsitään aineistosta säännönmukaisuuksia ja samankaltaisuuksia. Tämän jälkeen aineistoa tulkitaan ja lopuksi analyysi raportoidaan teorialähtöisesti.

6.5 Tulokset

Haastatteluaineistoa analysoidaan aineistolle tehtävien kysymysten perusteella. Näiden kysymysten perusteella pyritään vastaamaan tutkimuksen tutkimuskysymyksiin. (Aho et al., 2017) Haastatteluaineisto on analysoitu teorialähtöisenä sisällönanalyysinä. Ohjaava teoreettinen malli haastatteluaineiston luokittelussa ja analysoinnissa on Stuckey et al. (2013) relevanssimalli. Relevanssimallin ulottuvuuksien perusteella tulokset on luokiteltu henkilökohtaiseen, ammatilliseen ja yhteiskunnalliseen relevanssiin. Näiden luokkien sisällä analysoidaan aktiviteetin relevanssia haastateltavien näkemysten perusteella. Näkemyksiä yhdistellään yläluokkiin ja yläluokat luokitellaan relevanssimallin komponentteihin. Komponentteihin luokittelu tehdään vertaamalla haastatteluvastauksia relevanssimalliin ja analysoimalla sitä, mihin komponenttiin vastauksen sisältö mahdollisesti vaikuttaa. Esimerkiksi kemian asiasisällön oppimisen voidaan ajatella vaikuttavan opiskelijan koulumenestykseen, mikä luokitellaan henkilökohtaisen relevanssin nykyhetki ja sisäinen -komponentteihin.

Analyysi sisältää myös luokan aktiviteetin toimivuudesta. Tämän luokan sisällä analysoidaan aktiviteetin yleistä toimivuutta, jotta sitä voidaan kehittää vastaamaan haluttua tarkoitusta. Aktiviteetin toimivuuden analyysi perustuu aineistolähtöiseen analyysiin.

Haastattelujen tulosten avulla pyrittiin lopuksi tekemään johtopäätöksiä ja vastaamaan erityisesti toiseen tutkimuskysymykseen.

6.5.1 Aktiviteetin toimivuus

Näkemyksiä aktiviteetin toimivuudesta selvitettiin haastattelukysymyksien 1– 4 avulla. Kehittämistuotosta kehitetään saatujen tulosten perusteella. Aktiviteetin toimivuutta

tarkastellaan kokonaisuutena ja lisäksi sen sisältämiä osuuksia ja niiden merkityksiä analysoidaan erillään. Seuraavaan taulukkoon 6 on koottu haastatteluissa esiintyneitä näkemyksiä osuuksien merkityksistä, hyvää ja parannettavaa kommentteja sekä tarkempia kehitysehdotuksia.

Taulukko 6. Näkemyksiä aktiviteetin osioiden merkityksestä ja toimivuudesta

	Merkitys	Hyvää	Parannettavaa	Kehitysehdotukset
Ennakkotehtävä	Virittää tehtävään, vähentää laboratoriossa käytettävää aikaa, luo merkityksen tehtävälle työlle	Sopiva pituus, relevantit kysymykset, artikkeli liittyy oleellisesti työhön	Englanninkielinen artikkeli raskas	Tehtävät olisi hyvä käydä yhdessä läpi, tehtävien teko ennen laboratorioon tuloa
Kokeellinen osuus		Hyvät havainnollistavat kuvat, selkeä, työn tausta hyvä, hyvät tehtävät	Liikaa asioita työhöön työvaiheissa, ei käy ilmi mitä ollaan tekemässä	Voisi lisätä motivaation työlle, työturvallisuuden korostus, työvaiheita voisi eriyttää ja lauseita selkeyttää, kuvateksti yhteen kuvaan
Lopputehtävät	Liittää aiheen yhteiskuntaan ja teollisuuteen, lisää merkitystä, antaa lisätietoa	Hyvä tehtävä, hyvin yhdistetty tieto- ja viestintäteknologia, oppilas aktiivisena, joustava, antaa pelivaraa	Enemmän aiheeseen virittävä, miten huomioidaan lähdekriittisyys	Tehtävä ionisiin nesteisiin
Kokonaisuus		Vinkit opettajille hyviä, hyvät	Kirjoitusvirhe	Alkuun esittely ja johdanto, tarinallisuutta voisi lisätä, sanamuotoja voisi muokata

Ennakkotehtäviin liittyvät kommentit olivat pääosin positiivisia. Ennakkotehtävien mainittiin muun muassa virittävän hyvin aktiviteetin aiheeseen ja luovan merkityksen kokeelliselle työlle. Artikkelin koettiin aiheeseen sopivaksi ja kysymykset relevanteiksi aktiviteetin kannalta. Yksi haastateltavista pohti, onko englannin kieli liian raskasta luettavaa lukiolaisille.

Kaksi haastateltavaa korosti, että ennakkotehtävät olisi hyvä tehdä ennen laboratorioon tulemistä ja käydä läpi yhdessä. Etukäteen tekemistä perusteltiin muun muassa seuraavasti:

” On sinänsä, että se luo tolle työlle sellasen teoriapohjan eli niinku mä sanoin nii se ois hyvä jakaa niille oppilaille eka etukäteen ja sitten, ku tossa työssä on niin monta sellast erilaista kohtaa, et jos ne ois tutustunu siihen jo aiemmin ja sit se voitais yhdessä käydä läpi, niin se ois silleen toimiva.” (Hlö. 3)

Kokeellisen työohjeen sisältämää taustatietoa, vinkkejä opettajalle sekä kuvitusta keuhuttiin vastauksissa. Kaksi haastateltavaa kommentoi kuvien olevan hyvä lisä ja havainnollistavan esimerkiksi kahden kouran käyttöä hyvin. Lisäksi vialin kuvan mainittiin olevan hyvä, sillä moni ei välttämättä tiedä, miltä se näyttää. Kehitysehdotuksena tuli kuitenkin se, että vialin kuvaan voisi lisätä kuvatekstin.

Kaikki haastateltavat kokivat, että osaisivat suorittaa kokeellisen osuuden aktiviteetin työohjeen avulla. Kahden haastateltavan mielestä työohje oli selkeä, mutta yksi haastateltava kiinnitti huomiota työvaiheiden tekstien pituuksiin ja muutamaaan vaikeaan lauseeseen. Esimerkiksi haastateltava kommentoi työohjeen toisen kohdan sisältävän monta peräkkäistä tilavuus ja massa yksikköä, jotka ovat vaikeasti luettavissa.

Kehitysehdotukseksi hän esitti lauseiden pilkkomista pienempiin osiin ja esimerkiksi ruiskujen koon laittamista sulkeiden sisään. Asiaa perusteltiin seuraavasti:

”Jotenki ehkä erittelis sitä, et jos miettii, et jollain ehkä lukiolaisellaki voi olla, et ei oo suomi äidinkielenä, niin voi olla ehkä hankala lukee tälläsii lauseita mis, on paljon numeroit, et osaa yhistää, et mikä numero kuuluu mihinki sanaan.” (Hlö. 3)

Kahdessa haastattelussa nousi esiin huomio siitä, että työohje kaipaa alkuun tiivistelmää tai johdantoa työhön. Haastateltavat kokivat, että erityisesti kokeellisesta osuudesta puuttuu teksti, jossa kerrotaan mitä ollaan tekemässä. Lisäksi yksi haastateltava kommentoi, että alkuun voisi lisätä tiivistelmän, jossa käydään läpi aktiviteetin sisältämät osiot.

Kokeelliseen osuuteen liittyvien pohdintatehtävien koettiin olevan hyviä. Yksi haastateltavista ehdotti, että tehtäviin voisi vielä lisätä jonkin ionisiin nesteisiin liittyvän tehtävän. Lisäksi kaksi haastateltavaa pohti kokeellisen osuuden työturvallisuutta. He kommentoivat, että neulojen käytössä tulee olla varovainen ja sen voisi lisätä selkeämmin työturvallisuuslaatikkoon.

Kaksi haastateltavaa koki lopputehtävien olevan aihetta kokoavia ja lisätietoa antavia. Tehtävien mainittiin liittävän aktiviteettiin hyvin tieto- ja viestintäteknologiaa, tiedonhakua ja yhteiskunnallista sekä taloudellista näkökulmaa. Yksi haastateltavista totesi lopputehtävän olevan hyvin joustava, jolloin se antaa työn ohjaajalle pelivaraa työskentelyssä. Yksi haastateltava pohti, miten työssä huomioidaan lähdekriittisyys, jos se ei ole opiskelijoille tuttua. Toinen haastateltava puolestaan pohti, että tehtävä vaikuttaa enemmän työhön virittävältä kuin kokoavalta tehtävältä.

Edellisten lisäksi haastateltavat huomasivat muutaman kirjoitusvirheen. Kokonaisuudessa aktiviteetin koettiin olevan toimiva ja selkeä. Yksi kehitysehdotus, joka tuli esiin oli, että kokeelliseen osuuteen voisi liittää tarinallisuutta motivaatioksi. Kokonaisuutta voisi myös vielä selkeyttää lisäämällä alkuun aiemmin mainitun tiivistelmän tai johdannon.

6.5.2 Aktiviteetin henkilökohtainen relevanssi

Opettajaopiskelijoiden näkemystä aktiviteetin henkilökohtaisesta relevanttiudesta tarkasteltiin haastattelukysymysten 6 ja 7 perusteella. Lisäksi näitä vastauksia verrattiin 5. haastattelukysymyksen vastauksiin.

Haastattelukysymyksissä 6 ja 7 kysyttiin opettajaopiskelijoiden näkemystä siitä, onko aktiviteetin konteksti lukiolaisia kiinnostava ja tukeeko se koulussa opetettavia asioita. Lisäksi vastauksiin haettiin tarkennuksia, siitä millä tavoin aktiviteetti näihin vaikuttaa. Näiden kysymysten perusteella saadut vastaukset on ryhmitelty yläluokkiin ja sen jälkeen luokiteltu tarkemmin Stuckey et al. (2013) relevanssimallin mukaisiin luokkiin. (Taulukko 7)

Taulukko 7. Näkemykset aktiviteetin henkilökohtaisesta relevanssista

	Sisäinen	Ulkoinen
Nykyhetki	Konteksti Kytös arkeen Kokeellinen työ	Asiasällöt Työskentelytaidot Teemat
Tulevaisuus	Työskentelytaidot Asiasällöt Muut työtavat	Työskentelytaidot Muut työtavat Monitieteisyys

Konteksti yläluokkana pitää sisällään vastaukset, joissa perusteluna oli jokin aktiviteettiin viittaava konteksti. Vastauksissa esille nousi kontekstit ioniset nesteet, selluloosa, vaatteet ja materiaalit. Kontekstin arvioitiin olevan kiinnostusta lisäävä uuden näkökulman ja tuttujen aiheiden kautta esimerkiksi seuraavien vastausten mukaisesti:

”No voi tää olla niillekin kiinnostavaa, et varsinki ton selluloosan takia, kun sehän on kuitenkin sellanen kaikille tuttu aine.” (Hlö. 1)

”Niin tää on niille varmasti myös uus asia. Koska eihän lukiossakaan mitenkään käydä ionisia nesteitä. Niin se vois lisätä kans sitä mielenkiintoa.” (Hlö. 1)

Yhdessä vastauksessa todettiin kokeellisuuden työtapana yleisesti lisäävän kiinnostusta. Kokeellisen osuuden erilaisuus nousi esille kahdessa vastauksessa. Erilaisuuden koettiin johtuvan epätyypillisestä työtavasta kokeellisesta osuudessa ja esimerkiksi neulojen käytöstä. Erilaisuuden ja uuden kontekstin arvioitiin kiinnostavan jo valmiiksi kemiasta kiinnostuneita opiskelijoita, mutta toisaalta tuttujen arkeen kytköksissä olevien ja erilaisten kontekstien kuten vaatteiden koettiin herättelevän ei niin kiinnostuneiden opiskelijoiden kiinnostusta. Opiskelijoita kiinnostava konteksti tukee työn henkilökohtaista sisäistä relevanssia nykyhetkessä.

Työskentelytaidot, joita vastauksissa esiintyi, olivat laboratoriotyöskentelytaitoja ja tieto- ja viestintäteknologian käyttötaidot. Kokeellisen työn mainittiin mahdollistavan laboratoriotyöskentelyntaitojen kehittymistä. Tieto- ja viestintäteknologian käytön mainittiin harjaantuvan lopputehtävän yhteydessä. Muut työtavat pitävät sisällään tiedonhaun ja tieteellisen julkaisun lukemisen, joiden mainitaan tulevan esille aktiviteetin

alku- ja lopputehtävissä. Kaikkien työskentelytaitojen ja työtapojen harjaantumisen voidaan ajatella lisäävän opiskelijan tulevaisuudessa tarvitsemia taitoja.

Edellä mainitut taidot voivat myös vaikuttaa opiskelijan käytökseen tulevaisuudessa. Tulevaisuuden käytökseen voi myös vaikuttaa vastauksista noussut aktiviteetin monitieteisyys. Monitieteisyys opetuksessa voi vaikuttaa opiskelijan käsityksiin ja näkemyksiin Monitieteisyyden arvioitiin tulevan aktiviteetissa esille seuraavasti:

”--tän vois yhdistää moneen oppiaineeseen tai ku tavallaan miks tämmönen innovaatio tai miks tämmönen keksintö, nii miks me tarvitaan tällästä, niin sen vois liittää moneen aiheeseen. Tavallaan niinku kulutus, ihmisen kulutustottumukset, ruuan tuotanto tai kaikkeen ehk semmoseen, nii tää aktiviteetti tukee koulussa opetettavia asioita—” (Hlö. 3)

Monitieteisyyden lisäksi vastauksissa mainittiin aktiviteetissa näkyvän opetussuunnitelman sisältämiä teemoja yhteiskunnasta, teollisuudesta ja taloudesta. Nämä on ryhmitelty teemat -yläluokkaan. Näiden teemojen sisäistäminen liittyy opetussuunnitelman asettamiin tavoitteisiin, joten ne ovat yhteydessä opiskelijan ulkoiseen nykyhetken relevanssiin esimerkiksi koulumenestyksen kautta. Toinen koulumenestykseen mahdollisesti vaikuttava asia, joka haastatteluissa nousi esille, on aktiviteetissa esiintyvät asiasisällöt. Asiasisällöillä tarkoitetaan kemian opetukseen liittyviä sisältöjä, joista voi olla opiskelijalle hyötyä kemian opinnoissa. Näistä sisällöistä mainittiin vetysidokset, orgaaninen kemia ja materiaalit. Kahdessa vastauksessa korostettiin kuitenkin sitä, että aktiviteetti toimii enemmänkin kemian opetuksen syventävänä lisänä kuin varsinaisten aiheiden opetuksessa.

Kaikki vastaukset tukivat ajatusta siitä, että aktiviteetti voi olla lukiolaisten näkökulmasta kiinnostava. Haastateltavat kommentoivat kontekstin olevan pääasiassa myös heitä kiinnostava. Omaa kiinnostusta aiheeseen perusteltiin uudella aiheella (ioniset nesteet) ja aiheen merkittävyydellä opettajuuden näkökulmasta. Lisäksi yhdessä vastauksessa pohdittiin omaa kiinnostusta lisäävän sen, että kontekstin on edellä aikaansa seuraavasti:

” No mun mielest tää on, tää on ehkä tällänen jännä aihe, et täst on tää oppilastyö jo olemassa, koska tää ei oo kuitenkaan niinku kaupallisessa merkityksessä vielä niin tavallaan suuri. Sillee tää on vähän tavallaan niinku, ku yleensä nää oppilastyöt tulee vähän niinku, miten sen nyt sanois, jäljessä. Tai siis on kehittyneen tavallaan innovaation tai tälläsen jälkeen. Niin tää on, tai mä koen, et tää on ehkä ekaa kertaa tällänen oppilastyö mikä on vähän edellä aikaansa.” (Hlö. 3)

6.5.3 Aktiviteetin ammatillinen relevanssi

Kysymyksien 8 ja 9 avulla pyrittiin selvittämään näkemyksiä aktiviteetin ammatillisesta relevanssista. Taulukkoon 8 on koottu yläluokittain vastauksissa esiin tulleita relevanssiin mahdollisesti vaikuttavia asioita.

Taulukko 8. Näkemykset aktiviteetin ammatillisesta relevanssista

	Sisäinen	Ulkoinen
Nykyhetki	Kemian alan merkitys Tieto uramahdollisuuksista	Työskentelytaidot Muut työtavat Asiasisällöt
Tulevaisuus	Kemian alan merkitys Kemian vaikutusmahdollisuudet Tieto uramahdollisuuksista	Kemian alan merkitys Kemian vaikutusmahdollisuudet

Kemian alan merkityksen korostuminen aktiviteetissa tuli esille kaikissa vastauksissa vahvasti. Aktiviteetin todettiin tuovan esiin kemian alan merkitystä enemmän kuin mitään tietoa varsinaisista ammateista. Kemian alan merkityksen alle on luokiteltu kommentteja kemian merkityksestä yhteiskunnassa, kemian alan innovatiivisuudesta ja monipuolisuudesta. Lisäksi kemian vaikutusmahdollisuuksia pidettiin tärkeänä aktiviteetissa esiintyvänä näkökulmana. Kaikki nämä voivat vaikuttaa opiskelijan alasta kiinnostumiseen, mikä voi vaikuttaa ammatinvalintaan ja motivaatioon ammattiin opiskelussa. Tiedot ja näkemys ammateista voi myös vaikuttaa mielekkään ammatin saavuttamiseen.

Yhdessä vastauksessa todettiin aktiviteetin antavan tietoa ja näkemystä kemianprosessialan ammateista. Lisäksi vastauksissa esiintyi ajatuksia siitä, että aktiviteetti lisää kuvaa kemian alan monipuolisuudesta ja vaikutusmahdollisuuksista, minkä ajateltiin lisäävän ymmärrystä ja tietoisuutta kemian alan ammateista.

”--koska mun mielestä se aktivoi ajattelemaan, et mihin kaikkeen se kemia liittyy ja sitä kautta tulee tietoseks, et mihin kaikkiin ammatteihin tarvitsee kemiaa ja sitä kautta sitten niinku siihen ammatinvalintaan.” (Hlö. 2)

Yhdessä vastauksessa esiintyi myös näkemys siitä, että aktiviteetti laajentaa kuvaa siitä, miten kemiallinen innovaatio voi vaikuttaa myös muihin ammatteihin kuten vaatealaan ja kaupan alaan tuottamalla uusia kaupallisia materiaaleja.

Työskentelytaitojen ja työtapojen ajateltiin lisäävän ammateissa tarvittavia tietoja ja taitoja. Erityisesti näistä mainittiin laboratoriotyöskentely, tutkimisentaidot ja tiedonhaku. Lisäksi aktiviteetin kemiallisen asiasisällön ymmärtäminen voi vaikuttaa ammattiin pääsemiseen.

Haastatteluissa kemian alan todetaan olevan merkittävä yhteiskuntaan ja talouteen vaikuttava ala. Tämä tulee vastausten mukaan myös esiin aktiviteetin kontekstissa ja tehtävissä. Tämä tukee aktiviteetin ulkoista tulevaisuuden relevanssia valmistaen opiskelijoita yhteiskunnan kannalta tärkeisiin ammatteihin.

6.5.4 Aktiviteetin yhteiskunnallinen relevanssi

Aktiviteetin yhteiskunnalliseen relevanssiin liittyviä näkemyksiä pyrittiin selvittämään 10. ja 11. haastattelukysymyksen avulla. Kaikki vastaukset liittyivät läheisesti kemian alan merkitykseen ja kemian vaikutusmahdollisuuksiin. (Taulukko 9)

Taulukko 9. Näkemykset aktiviteetin yhteiskunnallisesta relevanssista

	Sisäinen	Ulkoinen
Nykyhetki	Kemian alan merkitys	Kemian vaikutusmahdollisuudet
Tulevaisuus	Kemian vaikutusmahdollisuudet	Kemian vaikutusmahdollisuudet Kemian alan merkitys Uusien innovaatioiden tarve

Kaikki haastateltavat olivat vahvasti sitä mieltä, että aktiviteetissa tulee esille kemian yhteiskunnallinen merkitys. Erityisesti yhteiskunnallisen näkemyksen koettiin tulevan esille ennakkotehtävissä ja lopputehtävissä. Suurin osa yhteiskunnalliseen relevanssiin liittyvistä näkemyksistä voitiin luokitella muutaman yläluokan alle. Kahdessa vastuksessa nousee vahvasti esille, että aktiviteetti toimii esimerkkinä siitä, miten kemia voi toimia yhteiskunnallisten ongelmien ratkaisemisessa. Näkemys aktiviteetissa esiintyvistä kemian vaikutusmahdollisuudesta tulee esille seuraavissa vastauksissa:

”-- mun mielest tavallaan tää tuo ilmi sellasii tietynlaisii innovatiivisii ratkasui, mitä tän hetkises maailmas tarvitaan entistä enemmän.” (Hlö. 3)

”No esim. just ku siinä puhutaan siitä synteettisestä selluloosasta, et miten kemia voi auttaa niinku siinä ongelman ratkasemisessa.” (Hlö. 1)

Yksi haastateltavista kommentoi yhteiskunnallisen merkityksen tulevan esille aktiviteetin yhteyksistä talouteen ja teollisuuteen. Erityisesti vastuksessa todetaan lopputehtävissä tulevan esille selluloosan uusien käyttötapojen vaikutukset Suomen teollisuuteen ja talouteen. Toinen haastateltava kiinnittää huomion aktiviteetin ruokatuotannon ja vaateteollisuuden teemoihin ja pohtii yhteiskunnallista merkitystä tätä kautta.

Kemian alan merkityksen ja vaikutusmahdollisuuksien ymmärtäminen voi vaikuttaa yhteiskunnalliseen relevanssiin sisäisesti lisäämällä tietoa ja näkemystä siitä, miten kemian avulla voidaan vaikuttaa yhteiskunnallisiin asioihin. Tämä voi myös lisätä kiinnostusta yhteiskunnallisia asioita ja vaikuttamista kohtaan.

Kaikki haastateltavat ovat sitä mieltä, että aktiviteetti voi vaikuttaa opiskelijoiden kemian alan arvostukseen. Kemian alan arvostukseen koetaan vaikuttavan muun muassa kemian alan innovatiivisuus, merkitys ja ymmärrys siitä, mihin kaikkeen kemiaa tarvitaan. Kemian alan arvostus, tieto vaikutusmahdollisuuksista ja uusien ratkaisujen tarpeesta voi vaikuttaa opiskelijan arvoihin ja toimintaan, mikä puolestaan vaikuttaa yhteiskunnassa ja aktiivisena kansalaisena toimimiseen. Kaikki nämä tukevat ulkoista yhteiskunnallista relevanssia.

Vastauksissa esiintyy myös huomioita siitä, että relevanssien esiintymiseen vaikuttaa myös se, miten aktiviteetti ohjataan ja mihin ohjaaja kiinnittää huomiota ja mitä asioita korostetaan.

”-- tavallaan vielä ehkä, jos ne kaikki tai miten ne oppilaat sen ajattelee, niinku sellast merkitystä, niin se on mun mielest se vastuu vähän niinku sillä ohjaajalla. Et miten se ohjaa ja millasii esimerkkei se tuo ton työn aikana ilmi.” (Hlö. 3)

7. Kehittämistuotos versio 2

Edelsonin (2002) mallin mukaisesti kehittämistutkimukseen kuuluu syklejä, joissa kehittämistuotosta arvioidaan ja kehitetään. Tämän tutkielman laajuuden puitteissa syklejä ei tehdä kokonaan mallin mukaisesti, vaan ensimmäisen version arvioinnin perusteella kehitetään tuotoksesta toinen versio, jolla pyritään paremmin vastaamaan asetettuihin tavoitteisiin.

Tapaustutkimuksen avulla saatujen haastattelutulosten perusteella aktiviteetin ensimmäistä versiota on kehitetty toimivammaksi ja paremmin relevanssia tukevaksi. Kehitettyä toista versiota ei kuitenkaan tulla testaamaan tämän tutkielman puitteissa.

Ensimmäisestä työohjeen versiosta (Liite 1) kehitettiin tapaustutkimuksessa saatujen tulosten perusteella toinen versio (Liite 2).

Tuloksissa esiintyi hyviä näkökulmia ja kehitysehdotuksia. Lisäksi esiin tuli muutama selkeä virhe ja puute. Seuraavaksi esitellään työohjeeseen tulosten perusteella tehdyt olennaiset korjaukset ja kehitykset.

Työohjeesta löydetty kirjoitusvirheet korjattiin ja puuttuva kuvateksti lisättiin. Työohjeen alkuun lisättiin selkeä teksti, jossa esitellään aktiviteetin rakenne ja osien tarkoitukset. Lisäksi ennakotehtävien enakkoon tekemistä ja niiden yhdessä läpikäymistä korostettiin, sillä näin ennakotehtävistä saadaan paremmin hyöty irti.

Kokeellisen osuuden alkuun lisättiin lause, joka kertoo mitä kokeellisessa osuudessa tullaan tekemään. Tämä selkeyttää kokeellisen työn tarkoitusta ja motivoi työhön.

Työturvallisuus-laatikkoon lisättiin huomio neulojen käytöstä. Kokeellisen osuuden työohjeen kohtia selkeytettiin erottamalla kohdat suuremmalla rivinvaihdolla sekä pilkkomalla muutama kohta useammaksi. Lisäksi lauseita selkeytettiin kehitysehdotusten mukaisesti esimerkiksi laittamalla ruiskujen ja neulojen koot sulkeisiin sanojen perään.

Lopputehtäviin lisättiin vielä yksi kysymys liittyen käytettyihin uutissivustoihin. Kysymyksen avulla on tarkoitus laittaa opiskelija pohtimaan lähteitä, niiden tarkoituksia ja luotettavuutta. Tämä ei varsinaisesti liity kokeelliseen työhön, mutta on hyvä lisä opiskelijan oppimisen kannalta.

Työohjeen selkeytys ja parantelut parantavat aktiviteetin toimivuutta. Lisäksi työhön motivointi ja ennakkotehtävien korostus voivat lisätä opiskelijoiden kokemaa relevanssia työn merkityksellisyyden lisäämisen kautta.

Kaikkia kehittämis ehdotuksia ei koettu tarpeelliseksi toteuttaa. Esimerkiksi haastatteluissa esiintynyttä ehdotusta tarinallisuuden lisäämisestä ei toteutettu, sillä aktiviteetin motivaation halutaan tulevan uudesta innovaatiosta ja ratkaisukeskeisyydestä. Kokeellisen työn tarkoituksena on päästä kokeilemaan oikeaa modernia sovellusta. Tarinallisuus voi peittää todellisuutta sovelluksen merkityksestä ja joissain tapauksissa vähentää mielenkiintoa, kun työohje on kuitenkin suunnattu lukioikäisille.

8. Johtopäätökset

Seuraavissa luvuissa tarkastellaan tutkimuksen tuloksia tutkimuskysymyksittäin. Tuloksia tarkastellaan aiemman tutkimustiedon valossa. Tuloksia peilataan myös opetussuunnitelman perusteisiin, jotka osaltaan vaikuttavat relevanssiin. Johtopäätöksissä pohditaan myös tutkimuksen merkityksellisyyttä, luotettavuutta ja jatkotutkimustarpeita.

8.1 Ionisia nesteitä käsittelevän kokeellisen työn mahdollisuudet relevanssin tukemisessa

Ionisten nesteiden kontekstia kokeellisessa työssä on tutkittu jonkin verran ulkomailla (Hernani et al., 2017; Mudzakir et al., 2017; Stark et al., 2010), mutta Suomessa tehdyistä tutkimuksista ei löytynyt tietoja. Kokeellisuuden ja kontekstien vaikutusta relevanssiin on kuitenkin tutkittu paljon.

Kokeellisen työskentelyn työtapana on todettu yleisesti olevan opiskelijoiden kiinnostusta lisäävää (Hofstein et al., 2013). Tutkimuksellisuus kokeellisen työskentelyn lisänä tukee

opiskelijoiden ajattelutaitoja ja työskentelyn mielenkiintoa (Rocard et al., 2007). Näin ollen kokeellisella ja tutkimuksellisella työtavalla voidaan vaikuttaa opiskelijoiden sisäiseen kiinnostukseen kemiaa kohtaan, mikä lisää työn henkilökohtaista sisäistä relevanssia. Tutkimuksellinen työskentely voi myös tukea muita relevanssimallin osa-alueita. Hofstein et al. (2013) mukaan kokeellinen työskentely voi myös kehittää opiskelijan tutkimisen-, laboratoriotyöskentely-, organisointi- ja ongelmanratkaisutaitoja. Nämä taidot voivat vaikuttaa positiivisesti esimerkiksi opiskelijan koulumenestykseen tai ammattiin pääsemiseen.

Kontekstipohjaisen opetuksen uskotaan lisäävän ymmärrystä siitä, mihin kaikkeen kemia vaikuttaa. (Gilbert, 2006) Ionisia nesteitä käsittelevällä tutkimuksellisella työllä on selkeä konteksti. Kun kemiaa lähestytään ionisten nesteiden kontekstista, se havainnollistaa sitä, millaista kemiaa tarvitaan esimerkiksi tekstiiliteollisuudessa. Innovatiivinen näkökulma voi myös laajentaa näkemystä kemian innovatiivisuuden ja sosiologian yhteydestä (Hernani et al., 2017). Ionisiin nesteisiin liittyvällä kontekstipohjaisella opetuksella voidaan siis parhaimmassa tapauksessa tukea relevanssia henkilökohtaisessa ja yhteiskunnallisessa ulottuvuudessa lisäten ymmärrystä kemian merkityksestä ja sen yhteydestä yhteiskuntaan.

Ionisten nesteiden ja selluloosan konteksti mahdollistaa kemian monipuolista ja moniulotteista käsittelyä, mikä voi myös vaikuttaa ammatilliseen relevanssiin lisäämällä näkemystä siitä, mihin kaikkeen kemiaa tarvitaan.

Ioniset nesteet ja selluloosa kontekstina mahdollistavat kemian asiasisältöjen kuten molekyylien vuorovaikutusten, kemiallisten sidosten ja orgaanisen kemian oppimisen. Tässä tutkimuksessa ionisten nesteiden kontekstia on tarkasteltu lähinnä selluloosan liuottamisen näkökulmasta, mutta ioniset nesteet kontekstina mahdollistavat myös muunlaisia asiasisältöjä ja näkökulmia muiden sovellusten kuten elektrolyytin ja magneettisen voitelun yhteydessä. (Hernani et al., 2017)

Ionisiin nesteisiin ja selluloosaan liittyvät kemialliset asiasisällöt, kokeellinen työskentely, uutisten käyttö ja teemoihin liittyvät näkökulmat ovat sellaisia, joita myös lukion opetussuunnitelman perusteet edellyttävät opetukselta. Edellä mainitut asiat tukevat esimerkiksi lukion opetussuunnitelman kemian opetuksen tavoitteita maailman kuvan rakentamisesta, monipuolisesta yleissivistyksestä, kriittisestä lukutaidosta, tiedonhankinnasta ja yhteiskunnallisesta osaamisesta. (Opetushallitus, 2015; Opetushallitus, 2019) Opetussuunnitelman kannalta relevantti opetus voi edistää

opiskelijan koulumenestystä tai ammattiin pääsemistä sekä tukea ympäristön oletuksia tiedoista ja taidoista ja näin tukea opiskelijan kemian relevanssin ulottuvuuksia.

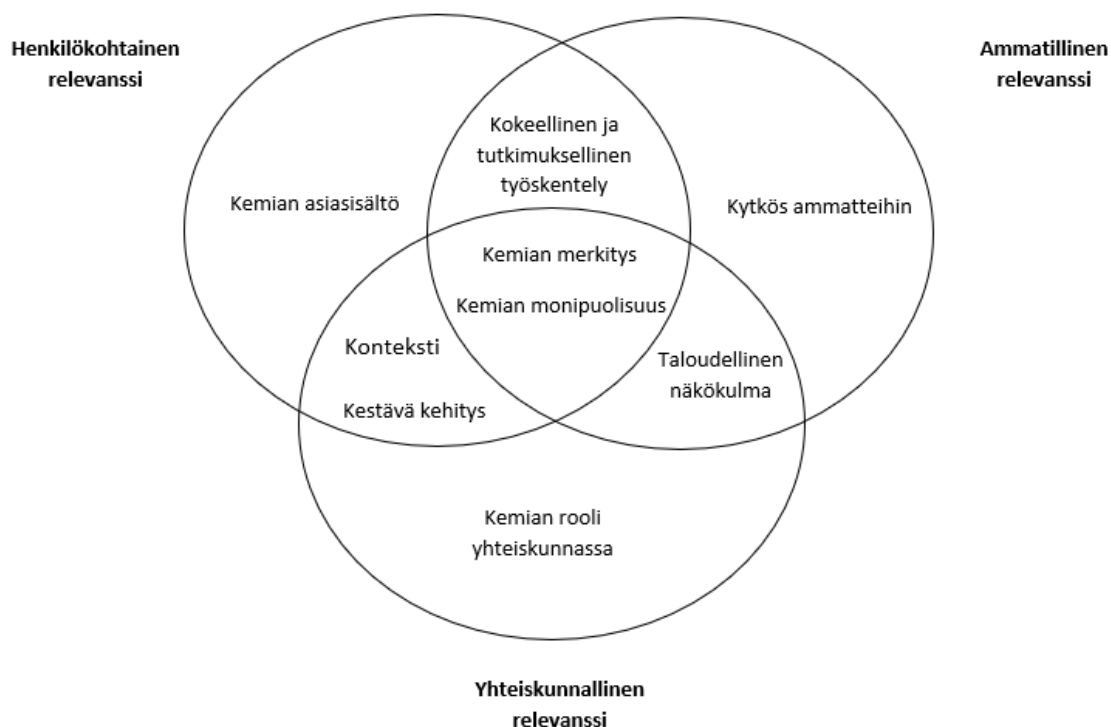
Aktiviteetin yksi kantava teema on kestävä kehitys. Kestävän kehityksen näkökulma tulee esille esimerkiksi, kun perehdytään selluloosan tarpeeseen ja puuvillan kasvatukseen. Koko kontekstin voidaan ajatella liittyvän kestäväan kehitykseen, sillä ionisia nesteitä voidaan pitää kestäväan vaihtoehtona selluloosan käsittelyssä ja käsiteltävä innovaatio toimii yhtenä ratkaisuna ympäristön resursseihin liittyvässä ongelmassa. (Hummel et al., 2015).

Kestävän kehityksen opetuksessa tulisi huomioida ekologinen, taloudellinen ja yhteiskunnallinen ulottuvuus (Burmeister et al., 2012). Aktiviteetissa ekologinen näkökulma tulee esille materiaalien kuten puuvillan tarkastelun ja liuottimien yhteydessä. Taloudellinen näkökulma tulee esille, kun pohditaan selluloosan uusien käyttötapojen vaikutuksia esimerkiksi Suomen taloudelle. Selluloosan tarpeen ja kemian ratkaisukeskeisen näkökulman avulla myös yhteiskunnallinen näkökulma tulee huomioitua.

Burmeister et al. (2012) mukaan kestävan kehityksen opetuksen keskiössä on antaa nuorille valmiuksia kehittyä vastuullisiksi ja aktiivisiksi yhteiskunnan jäseniksi. Voidaan siis sanoa kestävan kehityksen opetuksen tukevan Stuckey et al. (2013) relevanssimallin yhteiskunnallisen relevanssin ulottuvuutta. Lisäksi yhteiskunnallista ulottuvuutta tukee havainnollistus kemian roolista arjessa ja kestävan kehityksen edistämisessä, mikä voi lisätä opiskelijoiden arvostusta ja ymmärrystä kemian merkityksestä.

Aktiviteetissa ennakotehtävät ja lopputehtävä sisältävät artikkelin ja uutisten lukemista. Uutisten ja artikkelin käyttö opetuksessa vahvistaa näkemystä kemian merkityksestä nykyhetkeen ja yhteiskuntaan (Jarman & McClune, 2007) ja tukee näin henkilökohtaista ja yhteiskunnallista relevanssia.

Tämän tutkimuksen mukaan kokeellisella työskentelyllä ja ionisilla nesteillä kontekstina on paljon mahdollisuuksia relevanssin ulottuvuuksien tukemisessa. Erityisesti aktiviteetti mahdollistaa yhteiskunnallisen relevanssin ulottuvuuden tukemisen kontekstin ja teeman välityksellä. Kuvaan 10 on koottu aktiviteetin relevanssia tukevia näkökulmia. Nämä on luokiteltu sen perusteella, mihin relevanssin ulottuvuuteen niiden voidaan enimmäkseen katsoa vaikuttavan. Relevanssin dimensioidet ovat kuitenkin osin päällekkäisiä ja toisistaan riippuvaisia (Stuckey et al., 2013), joten relevanssiin vaikuttavat asiat vaikuttavat usein moniin dimensioihin yhtäaikaaisesti, eikä suoraa yksiselitteistä luokittelua pysty tekemään.



Kuva 10. Relevanssin dimensioihin vaikuttavat näkökulmat

Minkään asian ei voida sanoa suoraan vaikuttavan opiskelijan relevanssiin, vaan kaikki edellä mainitut näkökulmat ovat mahdollisia relevanssiin vaikuttavia tekijöitä. Relevanssin vaikutukset ovat henkilökohtaisia ja asioilla voi olla hyvin erilaiset vaikutukset eri opiskelijoihin riippuen heidän ennakkotiedoistaan ja kiinnostuksen kohteistaan. Lisäksi aktiviteetin ohjaustapa ja esiin tuodut näkökulmat voivat vaikuttaa aiheiden vaikutuksiin.

8.2 Kemian aineenopettajaopiskelijoiden käsityksiä

Kemian aineenopettajaopiskelijoiden käsityksiä aktiviteetin toimivuudesta ja relevanssista kartoitettiin tapaustutkimuksen haastattelun avulla. Seuraavissa luvuissa esitellään johtopäätöksiä tutkimuksen tuloksista liittyen aktiviteettiin yleisesti sekä sen relevanssiin.

8.2.1 Kemian aineenopettajaopiskelijoiden käsityksiä aktiviteetista yleisesti

Kemian aineenopettajien näkemyksiä aktiviteetista selvitettiin haastattelun avulla.

Haastattelussa pyrittiin saamaan näkemyksiä aktiviteetista kokonaisuutena sekä sen osien toimivuudesta. Näiden vastausten perusteella kehitettiin aktiviteetista 2. versio aiemmin luvussa 7 esitetyllä tavalla.

Valittuja aineenopettajaopiskelijoita yhdistää se, että heillä on myös kokemusta laboratorio-ohjaajana toimimisesta, jolloin heidän näkemyksensä perustuvat opintohistorian lisäksi konkreettiseen kokemukseen. Erityisesti aktiviteetin toimivuuden kartoituksessa tästä ominaisuudesta on hyötyä. Osassa vastauksia haastateltavat perustivat mielipiteensä käytännönkokemukseen ja selkeästi tekivät vertailua kehitetyn työohjeen ja vanhojen työohjeiden välillä.

Yleisellä tasolla haastateltavat pitivät aktiviteettia toimivana ja selkeänä kokonaisuutena. Kokeellisen osuuden koettiin poikkeavan perinteisistä kokeellisista töistä esimerkiksi neulojen käytön takia. Kontekstin koettiin myös olevan aikaansa edellä oleva, sillä perusteella, että innovaatio on suhteellisen uusi, eikä sen käyttö ole vielä kovin edistynyt esimerkiksi kaupallisella tasolla. Näiden käsitysten perusteella voidaan uskoa, että aktiviteetti on tarpeellinen lisä kemian opetukseen.

Ennakkotehtävien koettiin haastattelujen perusteella olevan olennainen osa aktiviteettia. Ennakkotehtävien nähtiin antavan teoriapohjaa työlle luoden merkityksen kokeelliselle osuudelle. Tämä on tärkeää, ettei kokeellinen osuus jää irralliseksi vaan yhdistyy olemassa olevaan tietoon. Merkityksellisyys myös lisää työn motivaatiota ja sitoutumista työhön. (Hofstein et al., 2013)

Haastatteluissa todettiin, että kokeellinen työskentely opiskelumuotona jo yleisesti lisää opiskelijoiden mielenkiintoa. Tätä käsitystä tukevat myös monet kokeellisuuteen liittyvät tutkimustulokset, jotka pitävät kokeellisuutta tärkeänä osana kemian opetusta ja toteavat sen lisäävän opiskelijoiden kiinnostusta ja motivaatiota. (Hofstein et al., 2013; Kärnä et al., 2012)

Haastateltavien näkemykset lopputehtävistä poikkesivat hieman toisistaan. Kaikki kokivat, että tehtävä on hyvä tehtävänä. Yksi haastateltava koki, että tehtävä on hyvä kokoava

lopputehtävä. Toinen haastateltava näki tehtävän enemmänkin lisätietoa antavan pelivarana kokeelliselle osuudelle. Kolmas puolestaan kommentoi tehtävän olevan pikemmin virittävä kuin kokoava tehtävä. Lopputehtävän tarkoituksena on antaa aiheesta lisätietoa ja yhdistää aihe arkeen sekä luoda tulevaisuuden kuvaa siitä. Haastateltavien näkemykset tukevat tavoitetta osittain, mutta käsitykset lopputehtävästä ja sen roolista näyttivät olevan erilaisia haastateltavien kesken.

Tulosten perusteella aktiviteetti sisältää paljon toimivuuden kannalta hyviä asioita kuten tehtävänannot, kuvitus ja ohjeet. Kemian aineenopettajaopiskelijat olivat pääosin itse kiinnostuneita aktiviteetin kontekstista ja heidän käsitystensä mukaan aktiviteetti vaikutti olevan toimiva ja uudenlainen työohje.

8.2.2 Kemian aineenopettajaopiskelijoiden käsityksiä aktiviteetin relevanssista

Haastattelujen perusteella saadut tulokset aineenopettajaopiskelijoiden näkemyksistä aktiviteetin relevanssista vastasivat aika hyvin luvussa 8.1 käsiteltyä kontekstin mahdollisuuksia.

Yhteiskunnallisen ja henkilökohtaisen relevanssin lisääminen kemian opetuksessa on erityisen tärkeä asia, sillä joidenkin tutkimusten mukaan opiskelijat eivät pidä kemiaa relevanttina itselleen tai yhteiskunnalle (Gilbert, 2006). Aineenopettajaopiskelijoiden näkemyksien perusteella aktiviteetti voisi tukea erityisesti näitä relevanssin ulottuvuuksia.

Eniten haastateltavien vastauksissa korostui näkemys aktiviteetin vahvasta yhteiskunnallisesta relevanssista. Haastateltavien mukaan yhteiskunnallinen relevanssi tulee esille erityisesti ionisten nesteiden ja selluloosan kontekstista, ennakkotehtävien ja lopputehtävän yhteydessä.

Toinen haastateltavien esiin tuoma näkökulma oli henkilökohtaiseen relevanssiin liittyvä kiinnostus. Haastateltavat kokivat, että aktiviteetin konteksti ja kokeellinen työ voivat lisätä kiinnostusta kemiaa kohtaa. Lisäksi aktiviteetin koettiin laajentavan näkemystä kemian merkityksestä maailmassa. Sisäisen relevanssin lisääminen kemian opetuksessa on tärkeä asia, sillä kiinnostuksen on todettu vaikuttavan motivaation ja oppimistuloksiin (Eilks & Hofstein, 2015). Mielenkiintoinen ja tärkeä havainto haastatteluissa oli se, että

aktiviteetin koettiin kiinnostavan jo valmiiksi kiinnostuneita erilaisuuden kautta sekä ei niin kiinnostuneita opiskelijoita kiinnostavan kontekstin ja arkielämän kytköksen kautta. Tämä on hyvä ominaisuus, sillä opetuksessa on tärkeää, että se kiinnostaa mahdollisimman monia riippumatta taustatekijöistä (De Jong, 2008).

Haastattelutuloksissa esiintyi näkemyksiä siitä, että aktiviteetti toimii esimerkkinä kemian merkityksestä yhteiskunnallisen ongelman ratkaisemisessa ja lisää opiskelijoiden näkemystä siitä, että kemian avulla voidaan vaikuttaa. Lisäksi haastatteluissa mainittiin, että kokeellisessa osuudessa voidaan huomata se, että uudet innovaatiot eivät välttämättä ole niin abstrakteja käsittämättömiä asioita, kuin voisi kuvitella, vaan myös asioita, joita lukio-opiskelijakin voi ymmärtää. Tämän tyyppinen opetus voi vahvistaa ajatusta omista vaikutusmahdollisuuksista ja kannustaa aktiiviseen ja vastuulliseen toimintaan.

Tulosten perusteella haastateltavat kokivat aktiviteetin tukevan hyvin myös opetussuunnitelmien perusteiden yleisiä tavoitteita sekä joitakin kemiaan liittyviä asiasisältöjä. Aktiviteetti tukee siis myös jonkin verran ulkoista relevanssia opetussuunnitelman kautta.

Kemian aineenopettajaopiskelijoiden käsitysten mukaan aktiviteetti tukee hyvin yhteiskunnallista sekä henkilökohtaista relevanssia. Tuloksissa esiintyi myös ammatilliseen relevanssiin liittyviä huomioita, mutta sen osuus aktiviteetissa jää selkeästi muita ulottuvuuksia pienemmäksi. Tulosten perusteella aktiviteetti tukee sekä ulkoisia että sisäisiä relevanssin komponentteja esimerkiksi kiinnostusta herättämällä ja opetussuunnitelmaa tukemalla. Lisäksi aktiviteetissa vaikuttaa olevan vahva tulevaisuuden relevanssin tuki vastauksissa esiintyneiden kontekstiin liittyvien käsitysten perusteella. Yhteiskunnallinen ja tulevaisuuteen liittyvät näkemykset tukevat aktiiviseksi kansalaiseksi kasvamista ja sopivat hyvin lukiotason opetukseen (Stuckey et al., 2013).

Tuloksissa tulee ottaa huomioon, että aineenopettajaopiskelijoiden näkemykset ja käsitykset asiasta voivat poiketa opiskelijoiden todellisuudessa kokemasta relevanssista. Tulokset kertovat kuitenkin siitä, että aktiviteetilla on hyvät mahdollisuudet relevanssin tukemisesta erityisesti henkilökohtaisella ja yhteiskunnallisella ulottuvuudella.

8.3 Ionisiin nesteisiin liittyvän kehittämistutkimuksen haasteet ja mahdollisuudet

Kehittämistutkimus koostuu kolmesta osiosta, jotka ovat kehittämisprosessi, ongelma-analyysi ja kehittämistuotos (Edelson, 2002). Tässä luvussa tarkastellaan koko kehittämistutkimusta prosessina suunnittelusta jatkokehitykseen.

Kehittämistutkimus alkaa ongelma-analyysistä. Tässä tutkielmassa ongelma-analyysissä perehdyttiin relevanssin, kokeellisuuden ja tutkimuksellisuuden sekä kontekstuaalisen opetuksen tutkimuskirjallisuuteen. Lisäksi ongelma-analyysissä tarkasteltiin ionisten nesteiden ja selluloosan kemialla sekä aiempaa tutkimusta aiheesta. Ongelma-analyysissä kirjallisuudesta nousi esiin kemian opetukseen liittyviä haasteita, joihin kehittämistuotoksella pyritään vastaamaan. Haasteita, joita tämän tutkielman ongelma-analyysissä nousi esille ovat kemian alhainen kiinnostus, vähäinen koettu kemian relevanssi sekä kemian osaajien tarve (Gilbert, 2006; Rocard et al., 2007).

Kun tarpeet tutkimukselle on selvitetty, perehdytään ongelma-analyysissä ratkaisumahdollisuuksiin ja teorioihin, joiden avulla haasteisiin pystyttäisiin vastaamaan. Lisäksi ongelma-analyysin perusteella asetetaan kehittämistutkimukselle tavoitteita. Tässä tapauksessa perehdyttiin ionisten nesteiden kontekstin tuomiin mahdollisuuksiin sen kemian ja aiemman tutkimuksen perusteella. Tähän vaiheeseen vaikuttaa aiemman tutkimustiedon määrä ja saatavuus. Ionisista nesteistä ei ole kovin paljoa aiempaa tutkimustietoa kokeellisen työn kontekstina, joten tutkimustietoa oli vaikea löytää.

Ongelma-analyysissä esiin nousseiden haasteiden, mahdollisuuksien ja asetettujen tavoitteiden perusteella suunnitellaan kehittämistuotos. Kehittämistuotoksen suunnittelussa on tärkeää kiinnittää huomiota, siihen, että sillä pyritään vastaamaan tavoitteisiin. Lisäksi kehittämistuotoksen suunnitteluun vaikuttavat käytettävissä olevat resurssit ja käyttötarkoitus. Tässä tutkielmassa kehittämistuotoksen tarkoituksena on toimia lukio-opetuksen tukena ja tukea opiskelijoiden relevanssia ja lisätä kemian opiskelun kiinnostavuutta. Kehittämistuotoksesta muotoutui kolmesta osiosta koostuva aktiviteetti. Tutkimuksellisella työskentelyllä, kontekstilla ja aktiviteettiin liittyvillä tehtävillä pyritään tukemaan relevanssia eri ulottuvuuksissa.

Kehittämistutkimukseen kuuluu myös kehittämistuotoksen testaaminen, arviointi ja jatkokehittäminen. Kehittämistuotoksen kehittämisessä päätöksiä ja tutkimuksen tuloksia peilataan ongelma-analyysissä muodostettuun teoreettiseen viitekehykseen, jolloin tutkimus täyttää tieteellisen tutkimuksen kriteerit. Lisäksi tässä tapauksessa, kun kyseessä on oppimateriaali, on tuloksia peilattu myös opetussuunnitelman perusteisiin, jotka määrittävät opetuksellisia tavoitteita. Tavallisesti kehittämistutkimuksessa suoritetaan useita kehittämissyklejä. (Pernaa, 2013) Tuotosta testataan yleensä loppukäyttäjillä, mutta tämän tutkimuksen ajankohdan puitteissa testaaminen opiskelijoilla ja opettajilla osoittautui hankalaksi valtion asettaman poikkeustilanteen vuoksi, mistä syystä testaus suoritettiin haastatteleamalla kemian aineenopettajaopiskelijoita. Poikkeustilanteet ja resurssit voivat asettaa haasteita kehittämistuotoksen testaukselle. Lisäksi tämän tutkielman laajuuden puitteissa kehittämistuotosta testattiin ja arvioitiin kerran ja sen perusteella kehitettiin tuotoksesta toinen versio, jota ei enää testattu.

Kehittämistuotoksen testaustapa ja siitä saadut tulokset vaikuttavat olennaisesti kehittämistuotoksen jatkokehitykseen. Testaus ja arviointi ovat kuitenkin tärkeitä vaiheita kehittämistutkimuksessa, sillä niiden avulla saadaan tietoa tuotoksen vasteesta, jolloin tuotosta pystytään kehittämään vastaamaan tavoitteisiin ja käyttötarkoitukseen paremmin. Testausvaiheessa voi tulla esiin asioita, joita ei itse osaa huomioida suunnittelussa. Esimerkiksi tämän tutkimuksen tuloksissa selvisi, että tuotoksesta puuttuu olennainen johdanto työhön ja kokeelliseen osuuteen.

Kehittämistuotoksen testaamiseen liittyvä tutkimusmenetelmä voi vaikuttaa tutkimuksen tuloksiin merkittävästi. Tässä tapauksessa tutkimusmenetelmänä toimi haastattelu, mutta tuotosta voitaisiin testata myös esimerkiksi lomakehaastattelun tai käytännön havaintojen avulla. Haastattelussa haasteita voi aiheuttaa esimerkiksi tavoitteiden mukaisien haastattelukysymysten suunnittelemisen tai aineiston asianmukainen tulkinta. Haastattelukysymykset vaikuttavat olennaisesti saatuihin tuloksiin. Mikäli kysymykset ovat vääränlaisia, voi olla, ettei tutkimuksessa saada tuloksia, jotka vastaavat tutkimuskysymyksiin. Lisäksi tutkimuseettisestä näkökulmasta haastatteluaineiston tulkinnessa ja raportoinnissa tulee käyttää harkintaa.

Tämän kehittämistutkimuksen perusteella suurimpia kehittämistutkimuksen haasteita aiheuttaa käytettävissä olevat resurssit. Kehittämistutkimus on laaja tutkimuksen toteutusstrategia. Se sisältää kirjallisuuskatsauksen lisäksi syklisiä kehittämistuotoksen

suunnitteluun, kehittämiseen, arviointiin ja jatkokehittämiseen liittyviä vaiheita. Lisäksi Edelsonin (2002) mallin mukaan tutkimuksen tulisi sisältää useita syklejä, joissa tuotosta arvioidaan ja kehitetään. Riippuen tutkimuksen aiheesta testaaminen ja arviointi voi vaatia paljon aikaa, testiotoksia ja muita resursseja. Esimerkiksi tämän tutkielman laajuuden puitteissa kehittämistutkimuksessa suoritettiin vain yksi sykli. Kehittämistuotosta voitaisiin parantaa suorittamalla ainakin yksi sykli lisää ja testaamalla tuotosta loppukäyttäjillä eli opettajien ja oppilasryhmien avulla. Kehittämistutkimuksen luotettavuutta on myös kritisoitu, joten sen varmistamiseen tulee kiinnittää huomiota (Pernaa, 2013).

Kehittämistutkimuksen etuja ovat teorian ja käytännön vahva yhteys ja konkreettinen ratkaisukeskeinen tuotos. Esimerkiksi tässä tutkimuksessa kehitetty aktiviteetti voidaan helposti ottaa käyttöön tai soveltaa opetuksessa hyödynnettäväksi. Tässä tutkielmassa teorian ja käytännön yhdistämisessä hyödynnettiin Helsingin yliopiston tutkimusohjelmien välistä yhteistyötä. Kemiallisen teorian ja työohjeen kehittämisessä saatiin apua ionisia nesteitä tutkivalta tutkimusryhmältä. Tätä tietoa hyödynnettiin opetuksen käytännöllisen kokeellisen työohjeen kehittämisessä. Vaikka tämän tutkielman tuotosta ei testattu loppukäyttäjillä, on sen käyttöönoton kannalta hyvä, että sen toimivuudesta saatiin laboratorio-ohjaajina toimivien opettajaopiskelijoiden näkemyksiä. Näiden tulosten ja kehitysten perusteella ohjaajien on helppo ottaa työohje käyttöön. Kontekstin ja aktiviteetin arvioinnissa hyödynnettiin myös lukion opetussuunnitelman perusteita peilaamalla tuloksia opetussuunnitelman tavoitteisiin ja sisältöihin. Tämä lisää näkemystä aktiviteetin tarjoamasta ulkoisesta relevanssista. Aktiviteetin lisäksi tutkimuksessa mahdollisuuksia tarjoavaksi todettua ionisten nesteiden kontekstia voidaan hyödyntää opetuksessa muilla tavoin tai relevanssia tukevia malleja voidaan soveltaa muihin konteksteihin.

8.4 Tutkimuksen luotettavuus

Kehittämistutkimusta tutkimuksen toteutusstrategiana on kritisoitu luotettavuudestaan (Pernaa, 2013). Kehittämistutkimus on usein laadullista, mikä vaikeuttaa perinteisiä luotettavuuden mittareiden soveltamista. Tuomin ja Sarajärven (2018) mukaan tutkimusmenetelmien luotettavuutta tutkitaan yleensä validiteetin ja reliabiliteetin perusteella. Toisin sanoen luotettavuutta tarkastellaan sen perustella, onko tutkimuksen tutkimuskohde ja tavoite toteutunut ja onko tutkimus toistettavissa. Nämä mittarit on

kuitenkin kehitetty vastaamaan määrällisten tutkimusten luotettavuuteen, eivätkä suoraan ole sovellettavissa laadulliseen tutkimukseen, mutta niitä voidaan soveltuvin osin hyödyntää luotettavuuden tarkastelussa.

Haastattelujen luotettavuuteen vaikuttaa niiden laatu, johon vaikuttaa muun muassa äänitys-, litterointi- ja aineiston luokittelutavat (Hirsjärvi & Hurme, 2008). Tässä tutkimuksessa laatua on pyritty parantamaan haastattelujen äänityksellä, yhtenäisellä sanasta sanaan litteroinnilla ja loogisella aineiston luokittelulla.

Reliaabelius voidaan määritellä tarkastelemalla saako tutkimus samanlaisen tuloksen, jos haastateltavaa tutkittaisiin uudestaan tai tutkimalla saadaanko eri haastateltavilta tai eri tutkimusmenetelmillä samoja tuloksia. Henkilöhaastattelujen tapauksessa ei kuitenkaan koskaan voida saada täysin samoja tuloksia asioista. Reliaabeliutta voidaan kuitenkin tarkastella esimerkiksi tutkimalla päätyvätkö tutkijat samantilaisiin luokkiin vastausten kanssa. (Hirsjärvi & Hurme, 2008) Tässä tutkielmassa tutkimuksen reliabiliteettia on pyritty parantamaan luokittelemalla aineistoa kategorioittain, jolloin henkilökohtaiselle tulkinnalle jää pienempi vaikutus.

Hirsjärven ja Hurmeen (2008) mukaan validius voidaan jakaa neljään luokkaan tilastolliseen validiuteen, rakennevalidiuteen, sisäiseen ja ulkoiseen validiuteen. Tilastollista validiutta ei kuitenkaan ole järkevää tarkastella laadullisessa tutkimuksessa. Rakennevalidiutta voidaan tarkastella tutkimalla vastaako tutkimus siihen, mihin on tarkoitettu. Sisäistä validiutta määritettäessä tutkitaan, onko päätelmät tehty loogisesti huomioiden kaikki siihen vaikuttavat tekijät ja ulkoista validiutta tarkastellaan tutkimalla, voidaanko tutkimustuloksia yleistää erilaisiin tilanteisiin. (Hirsjärvi & Hurme, 2008)

Tämän tutkimuksen tuloksia relevanssiin vaikuttavista asioista ja kontekstin tarjoamista mahdollisuuksista voitaisiin yleistää myös muissa tilanteissa. Tutkimuksessa tehdyt päätelmät on myös pyritty tekemään asianmukaisesti validiuden takaamiseksi.

Tämän tutkimuksen luotettavuutta voitaisiin parantaa tekemällä useampia kehittämissyklejä ja arvioimalla kehittämistuotosta todellisessa tilanteessa loppukäyttäjillä. Tämä voisi parantaa erityisesti rakennevalidiutta, kun saataisiin tarkempia tuloksia siitä, vastaako kehittämistuotos tarpeisiin ja tavoitteisiin. Lisäksi tarveanalyysin luotettavuutta voisi parantaa tekemällä empiiristä tutkimusta kartoittamalla esimerkiksi opiskelijoiden tai opettajien näkemyksiä kemian opetuksen haasteista ja tarpeista. Tämänhetkisten

tutkimuskysymysten valossa on tutkimuksessa kuitenkin saatu tavoitteiden mukaisia tuloksia.

8.5 Tutkimuksen merkitys ja jatkotutkimuksen tarve

Kemian opiskelun kiinnostavuutta ja relevanssia on tärkeä tukea, jotta opiskelijat motivoituisivat opiskelemaan kemiaa ja yhteiskunta saisi tulevaisuudessa tärkeitä kemian osaajia (Gilbert, 2006; Stuckey et al., 2013). Kehittämistuotoksen uudenlaisella aiheella ja tulevaisuuteen linkittyvällä mahdollisuuksia tarjoavalla kontekstilla on paljon mahdollisuuksia relevanssin tukemisessa. Aiempien tutkimusten perusteella ionisilla nesteillä on paljon hyviä mahdollisuuksia opetuksen rikastamisessa. (Hernani et al., 2017; Mudzakir et al., 2017) Tutkimusta tästä aiheesta on kuitenkin vielä hyvin vähän, joten tähän liittyvä tutkimustieto voisi olla tarpeellista. Etenkin Suomessa tehdyistä vastaavanlaisista tutkimuksista on puute.

Tämän tutkimuksen perusteella ammatillinen relevanssin ulottuvuus on jäänyt muita ulottuvuuksia vähemmälle kehittämistuotoksessa. Kehittämistuotoksen relevanssin tukea voisi parantaa lisäämällä siihen ammatillista näkemystä lisääviä tehtäviä. Kontekstin hyödynnys opetuksessa vaatii vielä jatkotutkimusta todellisessa tilanteessa loppukäyttäjien kanssa. Tällöin saataisiin enemmän luotettavaa tietoa kontekstin mahdollisuuksista relevanssin tukemisessa ja kiinnostuksen lisäämisessä. Lisäksi kehitetty kehittämistuotos vaatii testausta ja arviointia käytännön tilanteessa. Käytännön testaus antaisi parempaa kuvaa aktiviteetin toimivuudesta ja vaikutuksista sekä opiskelijoiden kokemasta relevanssista.

LÄHTEET

- Abrams, E., Southerland, S. A., & Evans, C. (2008). Inquiry in the classroom: Identifying necessary components of a useful definition. Teoksessa E. Abrams, P. C. Silva & S. A. Southerland (Toim.), *Inquiry in the classroom : realities and opportunities* (). Charlotte, N.C. : IAP ©2008.
- Aho, A. L., Hyvärinen, M., & Nikander, P. (2017). *Tutkimushaastattelun käsikirja*. Vastapaino.
- Aikenhead, G. S. (2006). *Science education for everyday life : evidence-based practice*. Teachers College Press.
- Anderson, T., & Shattuck, J. (2012). Design-Based Research: A Decade of Progress in Education Research? *Educational Researcher*, 41(1), 16–25.
- Banchi, H., & Bell, R. (2008). The many levels of Inquiry. *Science and Children*, 46(2), 26–29.
- Burmeister, M., Rauch, F., & Eilks, I. (2012). Education for Sustainable Development (ESD) and Chemistry Education. *Chemistry Education Research and Practice*, 13(2), 59.
- Campbell, N. A., & Reece, J. B. (2015). *Biology : a global approach* (10. painos.). Pearson.

- Chang Rundgren, S., & Rundgren, C. (2015). Making Chemistry education relevant through mass media. Teoksessa I. Eilks, & A. Hofstein (Toim.), *Relevant chemistry education : from theory to practice* (ss. 205–218). Rotterdam : SensePublishers 2015.
- De Jong, O. (2008). Context-based chemical education: How to improve it? *Chemical Education International*, 8(1)
- Edelson, D. C. (2002). Design Research: What We Learn When We Engage in Design. *The Journal of the Learning Sciences*, 11(1), 105–121.
- Eilks, I., & Hofstein, A. (2015). From some historical reflections on the issue of relevance of chemistry education towards a model and an advance organizer - A prologue. Teoksessa I. Eilks, & A. Hofstein (Toim.), *Relevant chemistry education : from theory to practice* (ss. 1–10). Rotterdam : SensePublishers 2015.
- Eilks, I., Rauch, F., Ralle, B., & Hofstein, A. (2013). How to allocate the chemistry curriculum between science and society. Teoksessa I. Eilks, & A. Hofstein (Toim.), *Teaching chemistry-- a studybook : a practical guide and textbook for student teachers, teacher trainees and teachers* (ss. 1–36). Rotterdam ; Boston : SensePublishers cop. 2013.
- Gilbert, J. (2006). On the nature of "context" in chemical education. *International Journal of Science Education*, 28(9), 957–976.
- Hämmerle, F. M. (2011). The cellulose gap (The future of cellulose fibres). *Lenzinger Berichte*, 89, 12–21.
- Hauru, L., Hummel, M., Nieminen, K., Michud, A., & Sixta, H. (2016). Cellulose regeneration and spinnability from ionic liquids. *Soft Matter*, 12(5), 1487–1495.

- Hernani, A., Mudzakir, O., & Sumarna, O. (2017). Ionic Liquids as a Basis Context for Developing High school Chemistry Teaching Materials. *Journal of Physics: Conference Series*, 812(1).
- Hirsjärvi, S., & Hurme, H. (2008). *Tutkimushaastattelu : teemahaastattelun teoria ja käytäntö*. Gaudeamus Helsinki University Press.
- Hofstein, A., Kipnis, M., & Abrahams, I. (2013). How to learn in and from the chemistry laboratory. Teoksessa I. Eilks, & A. Hofstein (Toim.), *Teaching chemistry-- a studybook : a practical guide and textbook for student teachers, teacher trainees and teachers* (ss. 153–182). Rotterdam ; Boston : SensePublishers cop. 2013.
- Hofstein, A., & Lunetta, V. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education*, 88(1), 28–54.
- Hummel, M., Michud, A., Tanttu, M., Asaadi, S., Ma, Y., Hauru, L., . . . Sixta, H. (2015). Ionic Liquids for the Production of Man-Made Cellulosic Fibers: Opportunities and Challenges. *Cellulose Chemistry and Properties: Fibers, Nanocelluloses and Advanced Mat*, 271, 133–168.
- Jarman, R., & McClune, B. (2007). *Developing scientific literacy : using news media in the classroom*. McGraw-Hill/Open University Press.
- Kärnä, P., Hakonen, R., & Kuusela, J. (2012). *Luonnontieteellinen osaaminen perusopetuksen 9. luokalla 2011*. Opetushallitus.
- Lindman, B., Karlström, G., & Stigsson, L. (2010). On the mechanism of dissolution of cellulose. *Journal of Molecular Liquids*, 156(1), 76–81.

- Millar, R. (2004). *The role of practical work on the teaching of science*. (). Artikkelin kirjoitettu tapaamiseen: High School Science Laboratories: Role and vision: Washington: National Academy of Sciences.
- Mudzakir, A., Hernani, Widhiyanti, T., & Sudrajat, D. P. Contribution from philosophy of chemistry to chemistry education: In a case of ionic liquids as technochemistry. Paper presented at the <https://10.1063/1.4995111>
- OECD. (2018). Programme for international student assessment (PISA) results from PISA 2018. https://www.oecd.org/pisa/publications/PISA2018_CN_FIN.pdf
- Lukion opetussuunnitelman perusteet 2015, (2015). <https://www.oph.fi/fi/koulutus-ja-tutkinnot/lukion-opetussuunnitelmien-perusteet>
- Lukion opetussuunnitelman perusteet 2019, (2019). <https://www.oph.fi/fi/koulutus-ja-tutkinnot/lukion-opetussuunnitelmien-perusteet>
- Parviainen, A., King, A., Mutikainen, I., Hummel, M., Selg, C., Hauru, L., . . . Kilpeläinen, I. (2013). Predicting Cellulose Solvating Capabilities of Acid–Base Conjugate Ionic Liquids. *ChemSusChem*, 6(11), 2161–2169.
- Parviainen, A., Wahlström, R., Liimatainen, U., Liitiä, T., Rovio, S., Helminen, J., . . . Kilpeläinen, I. (2015). Sustainability of cellulose dissolution and regeneration in 1,5-diazabicyclo[4.3.0]non-5-enium acetate: a batch simulation of the IONCELL-F process. *RSC Advances*, 5(85), 69728–69737.
- Pernaa, J. (2013). *Kehittämistutkimus opetuslalla*. PS-Kustannus.

- Rocard, M., Hemmo, V., Csermely, P., Jorde, D., Lenzen, D., & Walberg-Henriksson, H. (2007). *Science education NOW : a renewed pedagogy for the future of Europe*.
(.).European Commission Directorate-General for Research Science.
https://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf
- Sixta, H., Michud, A., Hauru, L., Asaadi, S., Ma, Y., King, A., . . . Hummel, M. (2015).
Ioncell-F: A High-strength regenerated cellulose fibre. *Nordic Pulp & Paper Research Journal*, 30(1), 43–57.
- Stark, A., Ott, D., Kralisch, D., Kreisel, G., & Ondruschka, B. (2010). Ionic liquids and green chemistry : a lab experiment. *Journal of Chemical Education*, 87(2), 196-201.
- Stuckey, M., Hofstein, A., Mamlok-Naaman, R., & Eilks, I. (2013). The meaning of 'relevance' in science education and its implications for the science curriculum. *Studies in Science Education*, 49(1), 1–34.
- Swatloski, R. P., Spear, S., Holbrey, J., & Rogers, R. (2002). Dissolution of Cellose with ionic liquids. *Journal of the American Chemical Society*, 124(18), 4974.
- Tuomi, J., & Sarajärvi, A. (2018). *Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi* (Uudistettu laitos painos.). Kustannusosakeyhtiö Tammi.
- Wang, H., Gurau, G., & Rogers, R. D. (2012). Ionic liquid processing of cellulose. *Chemical Society Reviews*, 41(4), 1519–1537.

LIITE 1: Kehittämistuotos (Versio 1)

Ioninen neste ja selluloosa

KOHDERYHMÄ: Työ soveltuu lukion kursseille KE1 ja KE2.

KESTO: Koko kokonaisuuden kesto 1,5-2 h. Kokeellisen osuuden kesto 1 h.

MOTIVAATIO: Työ havainnollistaa kemian merkitystä yhteiskunnassa, materiaalteollisuudessa sekä kestäväan kehityksen edistämisessä.

TAVOITE: Työn ennakkotehtävä virittää aiheeseen ja antaa taustatietoa työn merkityksestä. Kokeellinen osuus havainnollistaa kemian ja materiaalien kehityksen yhteyttä ja konkretisoi modernin innovaation. Lopputehtävässä pohditaan vielä aiheen hyödyntämistä tulevaisuudessa sekä tutkitaan aiheen näkymistä mediassa.

AVAINSANAT: Kestävä kehitys – Materiaalit – Ympäristö – Ioniset nesteet – Liuottimet – Selluloosa

TYÖHÖN VIRITTÄVÄT TEHTÄVÄT

Virittävät tehtävät tulee tehdä ennen kokeellista osuutta.

Lue seuraava Hämmerlen (2011) artikkeli Cellulose Gap ja vastaa seuraaviin kysymyksiin.¹

1. Miksi selluloosa on tärkeä tekstiilimateriaali?

Selluloosalla on tekstiilimateriaalina ominaisuuksia, joita muilla tekokuiduilla ei ole. Selluloosa on hydrofiilista ja hengittävää. Selluloosa toimii hyvin kosteuden- ja lämmönsäätelyssä. Se pystyy imemään kosteutta iholta ja vapauttamaan sen ilmaan.

2. Mitä tarkoitetaan selluloosa ”gap:illä?

Selluloosa gap kuvaa selluloosan tarpeen ja tuotantokapasiteetin välistä kuilua. Väestön kasvu ja selluloosan suhteellisen tarpeen kasvaminen tulevat lisäämään selluloosan tarvetta tulevaisuudessa. Tämän hetkiselä tuotannolla ei pystytä tyydyttämään laskettua tarvetta. Puuvillaa ei ole

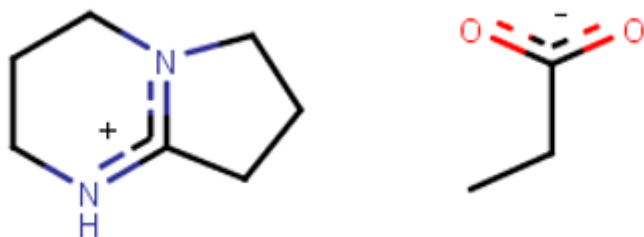
mahdollista kasvattaa selluloosaan tarvittavaa määrää, sillä se vie paljon viljelypinta-alaa, jota tarvitaan myös kasvavaan ruuan tarpeeseen.

3. Miksi synteettinen selluloosa on avain asemassa selluloosa gapin täyttämässä artikkelin mukaan?

Puuvillaa ei ole mahdollista kasvattaa selluloosaan tarvittavaa määrää, sillä se vie paljon viljelypinta-alaa, jota tarvitaan myös kasvavaan ruuan tarpeeseen. Synteettistä selluloosaa valmistetaan puista, joiden kasvatusta ei vie viljelypinta-alaa, eikä niiden kasvatukseen tarvita lannoitteita tai torjunta-aineita. Lisäksi veden kulutus on huomattavasti vähäisempää.

TAUSTAA

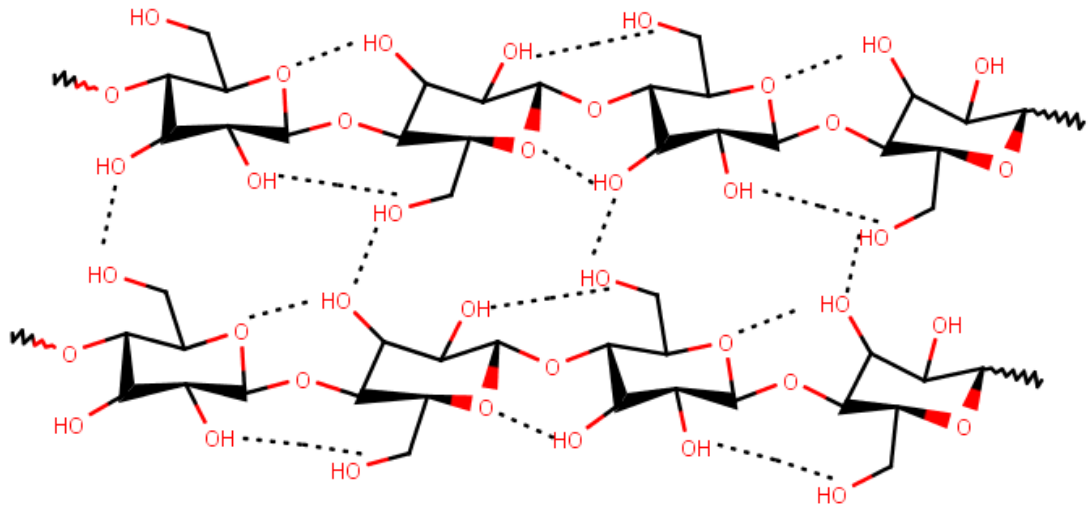
Ioniset nesteet ovat orgaanisia suoloja, joiden sulamispiste on alle 100 astetta. Ionisen nesteen suolat koostuvat orgaanisesta kationista ja anionista.² Tässä työssä ionisen nesteen kationina toimii DBNH ja anionina propionaatti. (Kuva 1)



Kuva 1. DBNH ja propionaatti³

Selluloosa on yksi maailman runsaimmista orgaanisista yhdisteistä. Selluloosa on glukoosin muodostama polymeeri. Selluloosa on suhteellisen vahvaa ja vain harvat

entsyymit pystyvät sitä hajottamaan.⁴ Selluloosan vahvuus johtuu sen molekyylien välisistä ja molekyylien sisäisistä vetysidoksista.⁵ (Kuva 2)



Kuva 2. Selluloosan vetysidokset⁵

Ioniset nesteet ovat yksi tapa liuottaa selluloosaa. Sopiva ioninen neste rikkoo selluloosan molekyylien välisiä ja sisäisiä vetysidoksia, jolloin selluloosa liukenee. Ioniset nesteet pystyvät liuottamaan selluloosaa suhteellisen alhaisessa lämpötilassa. Lisäksi ioninen neste pystytään kierrättämään hyvin.³

Ioniseen nesteeseen liuotettu selluloosa voidaan helposti saostaa lisäämällä se johonkin antiluuottimeen kuten veteen. Vesi hydratoi ionisen nesteen ja selluloosa saostuu.⁶ Saostetun selluloosan makroskooppinen morfologia riippuu siitä, miten se joutuu kontaktiin antiluuottimen eli tässä tapauksessa veden kanssa.⁷

Työturvallisuus ja jätteiden käsittely

Käytä suojalaseja, -takkia ja -hanskoja koko työskentelyn ajan!

Reaktioissa muodostuu kaasuja, tee työ vetokaapissa. Suorita myös punnitukset vaa'alla vetokaapissa.

DBN ja propaanihappo ovat voimakkaasti syövyttäviä aineita, käsittele niitä varoen.

Jos liuoksia joutuu iholle, huuhtelee heti runsaalla vedellä ja saippualla. Tarvittaessa lääkäriin!

Neulat kerätään neulajätteeseen.

Veden, johon ioniliuotin on liennut, voi kaataa runsaan veden kanssa lavuaariin.

REAGENSIT

- 🔥 1,9 g 1,5-diatsabisyklo[4.3.0]non-5-eeni (DBN)
- 🔥 1,1 g Propaanihappoa
- 🔥 0,1 g selluloosaa (Avicel tai Enocell)

TARVIKKEET

- 🔥 20 ml viali ja korkki
- 🔥 2 ml ja 1 ml ruiskuja
- 🔥 0,9 mm ja 1,2 mm (1,6 mm) ruiskuneuloja
- 🔥 Statiivi ja kaksi kouraa
- 🔥 Vesihaudeastia
- 🔥 Lämpölevy ja magneettisekoittaja
- 🔥 Lämpömittari
- 🔥 200 ml keitinlasi
- 🔥 Punnituspapieria tai punnitusalusta



TYÖOHJE

1. Siirrä vaaka vetokaappiin, sillä punnituksen yhteydessä vapautuu kaasuja.
2. Punnitse vetokaapissa 20 ml vialiin 1,9 g DBN:ä 0,9 mm neulaa ja 2 ml ruiskua apuna käyttäen. **(HUOM. on tärkeää punnita emäs ensin!)**
3. Ota uusi neula ja ruisku ja punnitse samaan vialiin 1,1 g propaanihappoa. Huomaa, että tässä vaiheessa seos lämpenee.
4. Laita heti punnituksen jälkeen vialin korkki kiinni. Vialiin muodostuu sumua, jonka saat liukenemaan liuokseen kääntelemällä vialia.
5. Anna valmistetun ioninesteen jäähtyä ja punnitse sillä aikaa 0,1 g Avicell mikrokiteistä selluloosaa punnituspaperille tai punnitusalustalle.
6. Lisää punnittu selluloosa vialiin ioninesteen sekaan varovasti ripotellen.
7. Lisää vialiin magneettisekoitin ja sulje korkki.
8. Valmistele vesihaude lämpölevylle ja laita viali vesihauteeseen käyttäen statiivia ja kahta kouraa kuvan osoittamalla tavalla. (Kuva 3)
9. Laita magneettisekoitus päälle ja lämmitä vesihaude 60 asteeseen.
10. Lämmitä vialia 60 asteessa 10-15 minuuttia, jolloin selluloosa liukenee nesteeseen.
11. Yritä saada kaikki selluloosa myös vialin seinämltä liukenemaan.
12. Kun 10 min on kulunut ja kaikki selluloosa on liuennut, ota viali pois vesihauteesta ja anna jäähtyä hetki.
13. Ota 200 ml viileää vettä keitinlasiin.
14. Ota valmistettua liuosta 1 ml ruiskuun käyttäen 1,2 mm (tai 1,6 mm) neulaa. Vaihda neula 0,9 mm neulaan ja pursota liuosta veteen pieninä pisaroina tai nauhana, jolloin selluloosa saostuu vedessä. Älä kasta neulaa veteen.
15. Anna selluloosan saostua vedessä ainakin 15 minuuttia.
16. Lopuksi voit nostaa saostuneen selluloosan varovasti esimerkiksi petrimaljalle kuivumaan.



Kuva 3. Vialin lämmitys kahden kouran avulla

TYÖHÖN LIITTYVIÄ KYSYMYKSIÄ

1. Miksi punnituksissa käytetään apuna ruiskua ja neulaa?

Ruiskun ja neulan avulla saadaan punnittua tarkasti pieniä määriä liuosta.

2. Miksi kutsutaan kolmannessa kohdassa tapahtuvaa reaktiota, jossa seos lämpenee?

Reaktiota, jossa vapautuu lämpöä, kutsutaan eksotermiseksi reaktioksi.

3. Montako prosenttia valmistetussa liuoksessa on selluloosaa?

Valmistetussa liuoksessa on 3,2 % selluloosaa.

4. Miksi neulaa ei kannata kastaa veteen pursotusvaiheessa?

Selluloosa voi saostua neulan suulla, jolloin pursottaminen on vaikeampaa. Lisäksi selluloosa nauha venyy ilmassa, jolloin siitä on mahdollista saada ohuempaa.



VINKKEJÄ JA HUOMIOITA TYÖHÖN

- Vaa'at kannattaa siirtää ajoissa vetokaappeihin, jotta ne ehtivät käynnistyä.
- Ole tarkkana, että emäs (DBN) punnitaan ennen hapon lisäämistä.
- Työskentelyssä kannattaa olla varovainen koska käytössä on neuloja.
- Emäksen ja propaanihapon moolisuhteiden tulee olla 1:1. (DBN 63 % ja propaanihappo 37 %) Emästä voi olla hieman enemmän kuin happoa.
- Selluloosan määrää voi vaihdella 3-5 %.
- Avicel selluloosan tilalta voi käyttää Enocell selluloosaa.

LOPPUTEHTÄVÄ

Etsi netistä kaksi uutista, jotka käsittelevät selluloosan käyttämistä materiaalina.

Vastaa uutisten perusteella seuraaviin kysymyksiin.

1. Miten uutinen käsittelee selluloosaa?

Esim. selluloosa tehtaات, selluloosan käyttö mahdollisuudet, selluloosan ekologisuus, uudet innovaatiot, valmistus menetelmät, tekstiilimateriaalina jne.

2. Onko uutinen pääosin positiivinen vai negatiivinen?

3. Mitä kaikkea selluloosasta voidaan valmistaa?

Selluloosasta voidaan valmistaa mm. astioita, rakennusmateriaaleja ja kangasta. Selluloosaa voidaan käyttää myös elintarvikkeissa täyteaineena, maaleissa, muovin korvaamisessa tai vaikka hammastahnassa.

4. Miten selluloosan uudet käyttötavat vaikuttavat Suomen teollisuuteen/talouteen?

Paperi- ja selluloosateollisuudella on aina ollut merkittävä rooli suomalaisessa yhteiskunnassa. Paperin tarve on vähentynyt digitalisaation myötä, joka on vaikuttanut sellutehtaiden myyntiin. Selluloosan uudet käyttökohteet voivat pelastaa sellutehtaita.

5. Millaisia mahdollisuuksia selluloosalla on tulevaisuudessa?

Selluloosalla on monia mahdollisia tulevaisuuden käyttökohteita kuten esim. lääketieteellisyys ja muovin korvaaminen.

Työohje on laadittu yhteistyössä Helsingin yliopiston materiaalikemian tutkimusryhmän kanssa.

LÄHTEET

1. Hämmerle, F. M., The cellulose gap (The future of cellulose fibres) *Environmental Science*, (2011).
2. Hummel, M., Michud A., Tantt M., Asaadi S., Ma Y., Hauru L., Parviainen A., King A., Kilpeläinen I. and Sixta H., *Cellulose Chemistry And Properties: Fibers, Nanocelluloses And Advanced Mat*, (2015), 271, 133-168 (DOI:10.1007/12_2015_307).
3. Parviainen, A., King A., Mutikainen I., Hummel M., Selg C., Hauru L., Sixta H. and Kilpeläinen I., *ChemSusChem*, (2013), 6, 2161-2169 (DOI:10.1002/cssc.201300143).
4. Campbell, N. A., Campbell, N. A. and Reece, J. B., *Biology: a global approach*, Pearson, Boston, (2015).
5. Wang, H., Gurau G. and Rogers R. D., *Chemical Society Reviews*, (2012), 41, 1519-1537 (DOI:10.1039/c2cs15311d).
6. Hauru, L., Hummel M., Nieminen K., Michud A. and Sixta H., *Soft Matter*, (2016), 12, 1487-1495 (DOI:10.1039/c5sm02618k).
7. Swatloski, R. P., Spear S., Holbrey J. and Rogers R., *Journal of the American Chemical Society*, (2002), 124, 4974.

LIITE 2: Kehittämistuotos (Versio 2)

Ioninen neste ja selluloosa

KOHDERYHMÄ: Työ soveltuu lukion kursseille KE1 ja KE2.

KESTO: Koko kokonaisuuden kesto 1,5-2 h. Kokeellisen osuuden kesto 1 h.

MOTIVAATIO: Työ havainnollistaa kemian merkitystä yhteiskunnassa, materiaaliteollisuudessa sekä kestävästä kehityksestä edistämiseksi.

TAVOITE: Työn ennakotehtävä virittää aiheeseen ja antaa taustatietoa työn merkityksestä. Kokeellinen osuus havainnollistaa kemian ja materiaalien kehityksen yhteyttä ja konkretisoi modernin innovaation. Lopputehtävässä pohditaan vielä aiheen hyödyntämistä tulevaisuudessa sekä tutkitaan aiheen näkymistä mediassa.

AVAINSANAT: Kestävä kehitys – Materiaalit – Ympäristö – Ioniset nesteet – Liuottimet – Selluloosa

Tämä työohje on kokonaisuus, joka sisältää työhön virittävät ennakotehtävät, varsinaisen kokeellisen työohjeen sekä lopputehtävät. Ennakotehtävät virittävät aiheeseen ja antavat merkityksen kokeelliselle työlle. Ne on hyvä tehdä ennen kokeellisen työn aloittamista esimerkiksi kotitehtävänä. Ennen kokeellista työtä on hyvä käydä yhdessä läpi ennakotehtävien vastaukset. Kokeellinen osuus sisältää taustatietoa aiheesta, työohjeen ionisen nesteen valmistamisesta ja selluloosan liuottamisesta ja saostamisesta sekä työhön liittyviä kysymyksiä. Lopputehtävät antavat lisätietoa ja tulevaisuuden näkymää aiheesta.

ENNAKKOTEHTÄVÄT

Lue seuraava Hämmerlen (2011) artikkeli Cellulose Gap ja vastaa seuraaviin kysymyksiin.¹

1. Miksi selluloosa on tärkeä tekstiilimateriaali?

Selluloosalla on tekstiilimateriaalina ominaisuuksia, joita muilla tekokuiduilla ei ole. Selluloosa on hydrofiilista ja hengittävää. Selluloosa toimii hyvin kosteuden- ja lämmönsäätelyssä. Se pystyy imemään kosteutta iholta ja vapauttamaan sen ilmaan.

2. Mitä tarkoitetaan selluloosa "gapillä"?

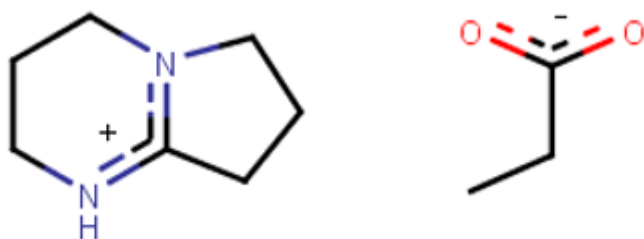
Selluloosa "gap" kuvaa selluloosan tarpeen ja tuotantokapasiteetin välistä kuilua. Väestön kasvu ja selluloosan suhteellisen tarpeen kasvaminen tulevat lisäämään selluloosan tarvetta tulevaisuudessa. Tämänhetkisellä tuotannolla ei pystytä tyydyttämään laskettua tarvetta. Puuvillaa ei ole mahdollista kasvattaa selluloosaan tarvittavaa määrää, sillä se vie paljon viljelypinta-alaa, jota tarvitaan myös kasvavaan ruuan tarpeeseen.

3. Miksi synteettinen selluloosa on avain asemassa selluloosa "gapin" täyttämässä artikkelin mukaan?

Puuvillaa ei ole mahdollista kasvattaa selluloosaan tarvittavaa määrää, sillä se vie paljon viljelypinta-alaa, jota tarvitaan myös kasvavaan ruuan tarpeeseen. Synteettistä selluloosaa valmistetaan puusta, joiden kasvatusta ei vie viljelypinta-alaa, eikä niiden kasvatukseen tarvita lannoitteita tai torjunta-aineita. Lisäksi veden kulutus on huomattavasti vähäisempää.

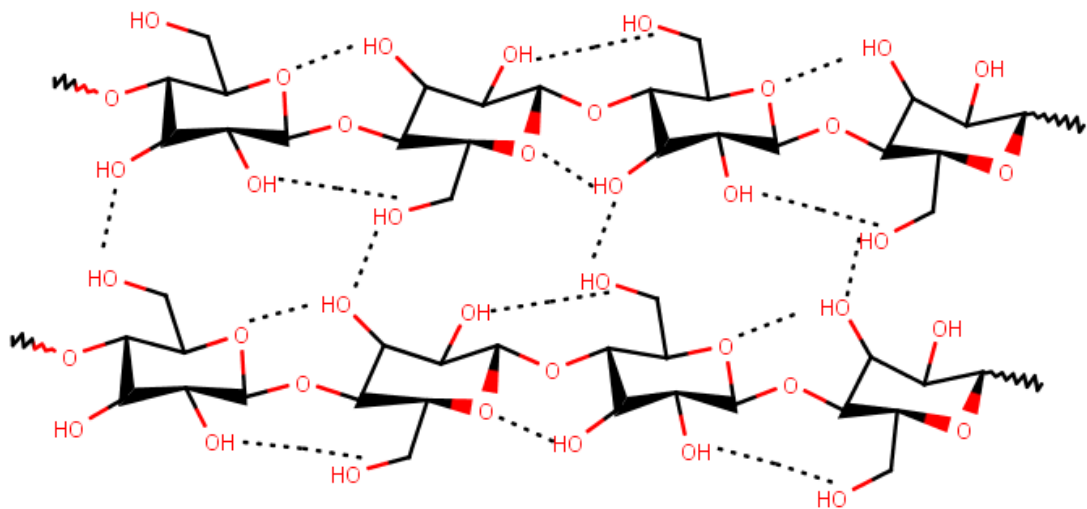
TAUSTAA

Ioniset nesteet ovat orgaanisia suoloja, joiden sulamispiste on alle 100 astetta. Ionisen nesteen suolat koostuvat orgaanisesta kationista ja anionista.² Tässä työssä ionisen nesteen kationina toimii DBNH ja anionina propionaatti. (Kuva 1)



Kuva 1. DBNH ja propionaatti³

Selluloosa on yksi maailman runsaimmista orgaanisista yhdisteistä. Selluloosa on glukoosin muodostama polymeeri. Selluloosa on suhteellisen vahvaa ja vain harvat entsyymit pystyvät sitä hajottamaan.⁴ Selluloosan vahvuus johtuu sen molekyylien välisistä ja molekyylien sisäisistä vetysidoksista.⁵ (Kuva 2)



Kuva 2. Selluloosan vetysidokset⁵

Ioniset nesteet ovat yksi tapa liuottaa selluloosaa. Sopiva ioninen neste rikkoo selluloosan molekyylien välisiä ja sisäisiä vetysidoksia, jolloin selluloosa liukenee. Ioniset nesteet pystyvät liuottamaan selluloosaa suhteellisen alhaisessa lämpötilassa. Lisäksi ioninen neste pystytään kierrättämään hyvin.³

Ioniseen nesteeseen liuotettu selluloosa voidaan helposti saostaa lisäämällä se johonkin antiliuottimeen kuten veteen. Vesi hydratoi ionisen nesteen ja selluloosa saostuu.⁶ Saostetun selluloosan makroskooppinen morfologia riippuu siitä, miten se joutuu kontaktiin antiliuottimeen eli tässä tapauksessa veden kanssa.⁷

Tämän sovelluksen avulla selluloosaa voidaan käsitellä ja muokata haluttuun muotoon. Esimerkiksi saostuksen yhteydessä kehräämisen avulla selluloosaan

voidaan saada lujuutta. Muokkaamalla selluloosaa, sitä voidaan hyödyntää moniin eri käyttötarkoituksiin.

Kokeellisessa työssä päästään itse kokeilemaan ionisen nesteen valmistamista, selluloosan liuottamista ja selluloosan saostamista.

Työturvallisuus ja jätteiden käsittely

Käytä suojalaseja, -takkia ja -hanskoja koko työskentelyn ajan!

Reaktioissa muodostuu kaasuja, tee työ vetokaapissa. Suorita myös punnitukset vaa'alla vetokaapissa.

DBN ja propaanihappo ovat voimakkaasti syövyttäviä aineita, käsittele niitä varoen.

Jos liuoksia joutuu iholle, huuhtelee heti runsaalla vedellä ja saippualla. Tarvittaessa lääkäriin!

Työssä käytetään neuloja, niiden kanssa on syytä olla varovainen.

Neulat kerätään neulajätteeseen.

Veden, johon ioniliuotin on liuennut, voi kaataa runsaan veden kanssa lavuaariin.

REAGENSIT

- 🔥 1,9 g 1,5-diatsabisyklo[4.3.0]non-5-eeni (DBN)
- 🔥 1,1 g Propaanihappoa
- 🔥 0,1 g selluloosaa (Avicel tai Enocell)

TARVIKKEET

- 🔥 20 ml viali ja korkki (Kuva 3)
- 🔥 2 ml ja 1 ml ruiskuja
- 🔥 0,9 mm ja 1,2 mm (1,6 mm) ruiskuneuloja
- 🔥 Statiivi ja kaksi kouraa
- 🔥 Vesihaudeastia
- 🔥 Lämpölevy ja magneettisekoittaja
- 🔥 Lämpömittari
- 🔥 200 ml keitinlasi
- 🔥 Punnituspaperia tai punnitusalusta

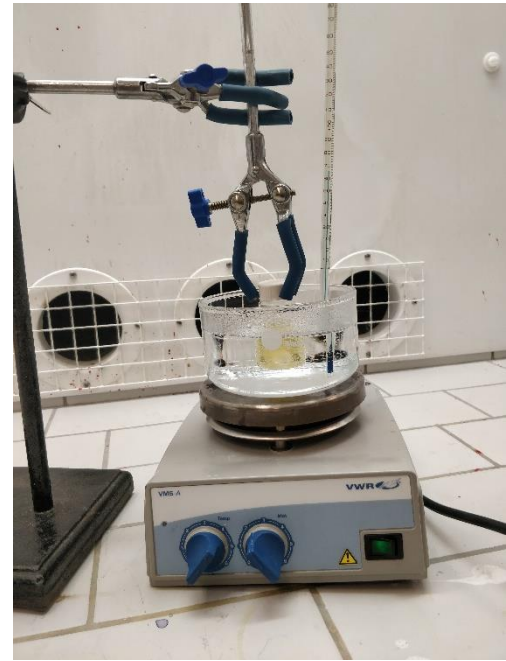


Kuva 3. Viali ja korkki

TYÖOHJE

1. Punnitse vetokaapissa 20 ml vialiin 1,9 g DBN:ä neulaa (0,9 mm) ja ruiskua (2 ml) apuna käyttäen. **(HUOM. on tärkeää punnita emäs ensin!)**
2. Ota uusi neula (0,9 mm) ja ruisku (2 ml) ja punnitse samaan vialiin 1,1 g propaanihappoa. Huomaa, että tässä vaiheessa seos lämpenee.
3. Laita heti punnituksen jälkeen vialin korkki kiinni. Vialiin muodostuu sumua, jonka saat liukenemaan liuokseen kääntelemällä vialia.
4. Anna valmistetun ionisen nesteen jäähtyä ja punnitse sillä aikaa 0,1 g Avicell mikrokiteistä selluloosaa punnituspaperille tai punnitusalustalle.

5. Lisää punnittu selluloosa vialiin ionisen nesteen sekaan varovasti ripotellen.
6. Lisää vialiin magneettisekoitin ja sulje korkki.
7. Valmistele vesihaude lämpölevylle ja laita viali vesihauteeseen käyttäen statiiivia ja kahta kouraa kuvan osoittamalla tavalla. (Kuva 4) Lisää myös lämpömittari vesihauteeseen.
8. Laita magneettisekoitus päälle ja lämmitä vesihaude 60 asteeseen.
9. Lämmitä vialia 60 asteessa 10-15 minuuttia, jolloin selluloosa liukenee nesteeseen.
10. Yritä saada kaikki selluloosa myös vialin seinämiltä liukenemaan.
11. Kun 10 minuuttia on kulunut ja kaikki selluloosa on liennut, ota viali pois vesihauteesta ja anna jäähtyä hetki.
12. Ota 200 ml viileää vettä keitinlasiin.
13. Ota valmistettua liuosta ruiskuun (1 ml) käyttäen 1,2 mm (tai 1,6 mm) neulaa.
14. Vaihda neula 0,9 mm neulaan ja pursota liuosta veteen pieninä pisaroina tai nauhana, jolloin selluloosa saostuu vedessä. Älä kasta neulaa veteen.
15. Anna selluloosan saostua vedessä ainakin 15 minuuttia.
16. Lopuksi voit nostaa saostuneen selluloosan varovasti esimerkiksi petrimaljalle kuivumaan.



Kuva 4. Vialin lämmitys kahden kouran avulla

TYÖHÖN LIITTYVIÄ KYSYMYKSIÄ

1. Miksi punnituksissa käytetään apuna ruiskua ja neulaa?

Ruiskun ja neulan avulla saadaan punnittua tarkasti pieniä määriä liuosta.

2. Miksi kutsutaan kolmannessa kohdassa tapahtuvaa reaktiota, jossa seos lämpenee?

Reaktiota, jossa vapautuu lämpöä, kutsutaan eksotermiseksi reaktioksi.

3. Montako prosenttia valmistetussa liuoksessa on selluloosaa?

Valmistetussa liuoksessa on 3,2 % selluloosaa.

4. Miksi neulaa ei kannata kastaa veteen pursotusvaiheessa?

Selluloosa voi saostua neulan suulla, jolloin pursottaminen on vaikeampaa. Lisäksi selluloosa nauha venyy ilmassa, jolloin siitä on mahdollista saada ohuempaa.



VINKKEJÄ JA HUOMIOITA TYÖHÖN

- Vaa'at kannattaa siirtää ajoissa vetokaappeihin, jotta ne ehtivät käynnistyä.
- Ole tarkkana, että emäs (DBN) punnitaan ennen hapon lisäämistä.
- Työskentelyssä tulee olla varovainen koska käytössä on neuloja.
- Emäksen ja propaanihapon moolisuhteiden tulee olla 1:1. (DBN 63 % ja propaanihappo 37 %) Emästä voi olla hieman enemmän kuin happoa.
- Selluloosan määrää voi vaihdella 3-5 %.
- Avicel selluloosan tilalta voi käyttää Enocell selluloosaa.

LOPPUTEHTÄVÄ

Etsi netistä kaksi uutista, jotka käsittelevät selluloosan käyttämistä materiaalina. Vastaa uutisten perusteella seuraaviin kysymyksiin.

1. Miten uutinen käsittelee selluloosaa?

Esim. selluloosa tehtaat, selluloosan käyttö mahdollisuudet, selluloosan ekologisuus, uudet innovaatiot, valmistus menetelmät, tekstiilimateriaalina jne.

2. Onko uutinen pääosin positiivinen vai negatiivinen?

3. Mitä kaikkea selluloosasta voidaan valmistaa?

Selluloosasta voidaan valmistaa mm. astioita, rakennusmateriaaleja ja kangasta. Selluloosaa voidaan käyttää myös elintarvikkeissa täyteaineena, maaleissa, muovin korvaamisessa tai vaikka hammastahnassa.

4. Miten selluloosan uudet käyttötavat vaikuttavat Suomen teollisuuteen/talouteen?

Paperi- ja selluloosateollisuudella on aina ollut merkittävä rooli suomalaisessa yhteiskunnassa. Paperin tarve on vähentynyt digitalisaation myötä, joka on vaikuttanut sellutehtaiden myyntiin. Selluloosan uudet käyttökohteet voivat pelastaa sellutehtaita.

5. Millaisia mahdollisuuksia selluloosalla on tulevaisuudessa?

Selluloosalla on monia mahdollisia tulevaisuuden käyttökohteita kuten esim. lääketieteellisyys ja muovin korvaaminen.

6. Miltä sivustoilta löytämäsi uutiset löytyvät? Mikä on sivustojen tarkoitus? Onko kyseessä virallinen uutissivusto vai esimerkiksi jonkin yhtiön sivu tai mainos? Uskotko tiedon olevan luotettavaa?

Työohje on laadittu yhteistyössä Helsingin yliopiston materiaalikemian tutkimusryhmän kanssa.

LÄHTEET

1. Hämmerle, F. M., *Lenzinger Berichte*, (2011), 89, 12–21.
2. Hummel, M., Michud A., Tanttu M., Asaadi S., Ma Y., Hauru L., Parviainen A., King A., Kilpeläinen I. and Sixta H., *Cellulose Chemistry And Properties: Fibers, Nanocelluloses And Advanced Mat*, (2015), 271, 133–168 (DOI:10.1007/12_2015_307).
3. Parviainen, A., King A., Mutikainen I., Hummel M., Selg C., Hauru L., Sixta H. and Kilpeläinen I., *ChemSusChem*, (2013), 6, 2161–2169 (DOI:10.1002/cssc.201300143).
4. Campbell, N. A. and Reece, J. B., *Biology : a global approach*, Pearson, Boston, (2015).
5. Wang, H., Gurau G. and Rogers R. D., *Chemical Society Reviews*, (2012), 41, 1519–1537 (DOI:10.1039/c2cs15311d).
6. Hauru, L., Hummel M., Nieminen K., Michud A. and Sixta H., *Soft Matter*, (2016), 12, 1487–1495 (DOI:10.1039/c5sm02618k).
7. Swatloski, R. P., Spear S., Holbrey J. and Rogers R., *Journal of the American Chemical Society*, (2002), 124, 4974.

LIITE 3: Haastattelukysymykset

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on arvioida kehittämistutkimuksen tuotoksen käytettävyyttä ja relevanssia ja kehittää tuotosta tutkimustulosten perusteella. Tutkimuksen suorittaa ja tietoja käsittelee tutkielman tekijä Vilja Kämppi (Helsingin yliopisto, vilja.kamppi@helsinki.fi) sekä työn ohjaajat Johannes Pernaa ja Maija Aksela. Haastattelut suoritetaan yksilöhaastatteluna etäyhteyden avulla ja haastattelut äänitetään analysointia varten. Haastattelut kestävät 15 min - 45min. Haastatteluun osallistuminen on täysin vapaaehtoista ja haastattelusta voi kieltäytyä myös haastattelun aikana eikä kaikkiin kysymyksiin ole pakollista vastata. Aineisto anonymisoidaan litteroimalla äänet. Äänitteet tuhotaan tutkielman valmistumisen jälkeen. Anonyymi litteroitu aineisto tallennetaan Kemian opettajankoulutusyksikön tutkimusaineistoon. Tutkimustulokset julkaistaan maisterintutkielmassa ja mahdollisesti työstä kirjoitettavissa muissa tutkimusjulkaisuissa. Litteroitu aineisto tuhotaan sen jälkeen, kun muut suunnitellut artikkelit on julkaistu. Lisätietoa voi kysyä tutkielman tekijältä.

Annan suostumukseni yllä olevaan aineiston tallennukseen ja käsittelyyn.

Haastattelua ohjaavat kysymykset

Perustiedot: Nainen/Mies/Muu/En halua sanoa

Opiskeluvuodet: 0-1, 1-2, 2-3, 3-4, 4-5, enemmän kuin 5

Aktiviteetin toimivuus

1. Mitä mieltä olet ennakkotehtävän toimivuudesta ja merkityksestä?
2. Onko työohjeen ohjeistus selkeä?
3. Mitä mieltä olet lopputehtävien toimivuudesta ja merkityksestä?
4. Miten kehittäisit aktiviteettia?

Henkilökohtainen relevanssi

5. Miten kiinnostavaksi koet aktiviteetin kontekstin?
6. Miten kiinnostavaksi koet kontekstin lukiolaisten näkökulmasta?
7. Tukeeko aktiviteetti koulussa opetettavia asioita?

Ammatillinen relevanssi

8. Tuleeko aktiviteetissa mielestäsi esille ammattien vaatimia tietoja tai taitoja?
9. Koetko, että aktiviteetti voisi vaikuttaa opiskelijoiden ammatinvalintaan?

Yhteiskunnallinen relevanssi

10. Tuleeko aktiviteetissa esille kemian yhteiskunnallinen merkitys?
11. Koetko, että aktiviteetti voisi vaikuttaa opiskelijan kemian alan arvostukseen?